

VŠB-Technická univerzita Ostrava
Fakulta stavební
Katedra pozemního stavitelství

Kontrola provádění hydroizolací na plochých střechách
Control of execute of damp-proofing on flat roofs

Student:

Josef Harenčák

Vedoucí bakalářské práce:

doc. Ing. Jaroslav Solař, Ph.D.

Ostrava 2012

Zadání bakalářské práce

Student: **Josef Harenčák**
Studijní program: B3607 Stavební inženýrství
Studijní obor: 3607R041 Příprava a realizace staveb
Téma: **Kontrola provádění hydroizolací na plochých střechách**
Control of execute of damp-proofing on flat roofs

Zásady pro vypracování:

V rámci bakalářské práce vypracujte pojednání o:

- a) Materiálech pro hydroizolace plochých střech a způsobech jejich pokládky.
- b) Možnostech kontroly kvality provedení hydroizolací na plochých střechách.
- c) Poruchách hydroizolace plochých střech, které mohou vzniknout při jejím provádění a o možnostech jejich lokalizace.
- d) Způsobech odstraňování výše uvedených poruch.

Seznam doporučené odborné literatury:

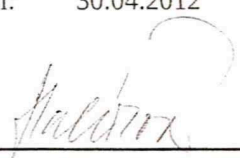
- [1] Kočí, B. a kol. Technologie pozemních staveb I. Technologie stavebních procesů. Akademické nakladatelství CERM, s.r.o., Brno, 1997, s. 319, ISBN 80 - 214 - 0354 - 3.
- [2] Motyčka, V. a kol.: Technologie staveb I. Technologie stavebních procesů. Část 2. Hrubá vrchní stavba. Akademické nakladatelství CERM, s.r.o., Brno, 2005, s. 132, ISBN 80-214-2873-2.
- [3] Zapletal, I., Musil, F. a kol.: Technologie stavb - dokončovací práce 1. Slovenská technická univerzita v Bratislave, 2002. 356 s. ISBN 80-227-1693-6.
- [4] Chaloupka, K., Svoboda, Z.: Ploché střechy. Praktický průvodce. Grada Publishing, a. s. Praha, 2009. 268 s. ISBN 978-80-247-2916-9.
- [5] Hanzalová, L., Šilarová, Š. a kol.: Ploché střechy. Informační centrum ČKAIT, s. r. o. Praha, 2005. 328 s. ISBN 80-86769-71-2.
- [6] Fajjkoš, A., Novotný, M.: Střechy. Základní konstrukce. Grada Publishing, a. s. Praha, 2003 164 s. ISBN 80-247-0681-4.
- [7] Novotný, M., Misar, I.: Ploché střechy. Grada Publishing, a. s. Praha, 2003. 180s. ISBN 80-7169-530-0.
- [8] Holzapfel, W.: Poruchy střech. Jak je rozeznat. Jak jim předcházet. Jak je odstraňovat. Vydavatelství Jaga group, s. r. o. Bratislava, 2008. 159 s. ISBN 978-80-8076-067-0.
- [9] Fajkoš, A., Novotný, M., Straka, B.: Střechy I. Opravy a rekonstrukce. GradaPublishing, spol. s r. o., Praha, 2000. ISBN 80-7169-825-3.
- [10] Příslušné ČSN a technologické předpisy.

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: **doc. Ing. Jaroslav Solař, Ph.D.**

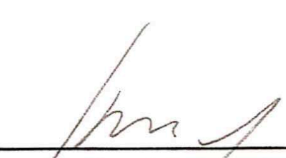
Datum zadání: 31.10.2011

Datum odevzdání: 30.04.2012



Ing. Marcela Halířová, Ph.D.
vedoucí katedry





prof. Ing. Darja Kubečková Skulinová, Ph.D.
děkanka fakulty

Prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě.....

.....

podpis studenta

Prohlašuji, že

- byl jsem seznámen s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. – autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- беру на ве́домі, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB-TUO) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že jeden výtisk bakalářské práce bude uložen v Ústřední knihovně VŠB-TUO k prezenčnímu nahlédnutí. Souhlasím s tím, že údaje o bakalářské práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- беру на ве́домі, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě.....

.....

podpis studenta

Anotace

HARENČÁK, J. *Kontrola provádění hydroizolací na plochých střechách: Bakalářská práce.* Ostrava: VŠB-Technická univerzita Ostrava, Fakulta stavební, Katedra pozemního stavitelství, 2012. 73 s. Vedoucí bakalářské práce Solař, J.

Tato bakalářská práce si klade za cíl zpracovat přehled metod používaných pro kontrolu kvality hydroizolace na plochých střechách a problematiku s tím související. V první kapitole jsou stručně popsány na trhu dostupné materiály a systémy používané pro vytvoření hydroizolační povlakové krytiny. V druhé nejrozsáhlejší kapitole jsou podrobně analyzovány jednotlivé metody testování vodotěsnosti hydroizolací na plochých střechách, jejich význam, možnosti, omezení a rozsah použitelnosti. Třetí, poslední kapitola zahrnuje základní informace o poruchách hydroizolační vrstvy na plochých střechách a dále obsahuje popis realizace sanace zmíněných poruch.

Klíčová slova

Hydroizolační vrstva, plochá střecha, střešní plášť, asfaltové pásy, hydroizolační fólie, hydroizolační stěrky, kontrola hydroizolace, vizuální kontrola, zkouška těsnosti spojů zkušební jehlou, zátopová zkouška, jiskrová zkouška, vakuová zkouška spojů, tlaková zkouška spojů, dýmová zkouška, termografická defektoskopie, pulzní elektromagnetická metoda, impedanční defektoskopie, poruchy hydroizolace, sanace poruch hydroizolace.

Annotation

HARENČÁK, J. *Control of execute of damp-proofing on flat roofs: The Bachelor's Thesis*. Ostrava: VSB-Technical University of Ostrava, Faculty of Civil Engineering, Department of Structural Engineering, 2012. 73 p. The consultant of the Bachelor's Thesis Solař, J.

The objective of the above mentioned thesis is to elaborate an overview of methods which are used for conducting the quality of damp-proofing on flat roofs as well as all connected matters. In the first chapter available materials and systems used for creating the damp-proofing backing cover have been described. In the second, the most extensive, chapter each method of testing the water impermeability of damp-proofing on flat roofs have been analysed, as well as their importance, possibilities, limitations and volume of use. The third chapter deals basic information on disorders of the damp-proofing layer on flat roofs, and it also describes rehabilitation of such disorders.

Key words

Damp-proofing layer, flat roof, roof shell, coated felts, damp-proofing foils, damp-proofing blades, check-up of damp-proofing, visual check-up, test of impermeability of joints by a testing needle, heating test, spark test, vacuum test of joints, pressure test of joints, smoke test, thermographic defectoscopy, pulse electromagnetic method, impedance defectoscopy, damp-proofing breakdowns, rehabilitation of damp-proofing breakdowns.

Obsah

1	Úvod.....	10
2	Hydroizolace plochých střech	11
2.1	Asfaltové hydroizolační pásy	11
2.1.1	Asfaltové pásy typu A	12
2.1.2	Asfaltové pásy typu R	13
2.1.3	Asfaltové pásy typu S.....	13
2.1.4	Pásy z oxidovaného asfaltu	14
2.1.5	Pásy z modifikovaného asfaltu.....	14
2.1.6	Nosná vložka	15
2.1.7	Povrchové úpravy asfaltových pásů	16
2.2	Hydroizolační fólie.....	16
2.2.1	Druhy hydroizolačních fólií	17
2.2.2	Druhy hydroizolačních fólií z hlediska jejich konstrukce.....	19
2.3	Hydroizolační stěrky	20
3	Možnosti kontroly kvality hydroizolace plochých střech	22
3.1	Vizuální kontrola.....	24
3.2	Zkouška těsnosti spojů zkušební jehlou	26
3.3	Zátopová zkouška.....	28
3.4	Jiskrová zkouška	34
3.5	Vakuová zkouška spojů.....	37
3.6	Tlaková zkouška spojů	41
3.7	Dýmová zkouška	43
3.8	Termografická defektoskopie.....	45
3.9	Pulzní elektromagnetická metoda	48
3.10	Impedanční defektoskopie.....	48
3.10.1	Rozdělení impedanční defektoskopie.....	49
3.10.2	Přístroje pro impedanční defektoskopii.....	52
3.10.3	Postup provádění impedanční defektoskopie	53
4	Poruchy hydroizolace plochých střech a jejich sanace	58
4.1	Poruchy povlakové hydroizolace způsobené nekvalitním provedením	58
4.1.1	Poruchy vyskytující se při aplikaci asfaltových pásů nebo fólií	58
4.1.2	Poruchy vyskytující se při aplikaci stěrkových hydroizolací	58

4.2	Sanace poruch hydroizolační vrstvy plochých střech	59
4.2.1	Oprava defektní hydroizolační vrstvy místním přelepením	59
4.2.2	Opatření defektní hydroizolační vrstvy novou hydroizolační vrstvou.....	60
4.2.3	Výměna defektní hydroizolační vrstvy	63
4.2.4	Vytvoření dvouplášťové střechy ze střechy jednoplášťové	66
5	Závěr.....	69
6	Literatura	70

1 Úvod

Téma bakalářské práce je Kontrola provádění hydroizolací na plochých střechách. Hlavní důvod, proč jsem si vybral dané téma, byl, dle mého názoru, nedostatek zdrojů, které by popisovali tuto problematiku komplexně. Další příčina mého výběru byla osobní zájem o hydroizolace obecně a procesy s nimi související.

Bakalářská práce pojednává zejména o jednotlivých možnostech kontroly hydroizolací plochých střech. Jsou zde zmíněny jak tradiční a léty prověřené metody jako vizuální kontrola, zátopová zkouška, atd., tak i moderní, na náš trh nově zaváděné metody jako např. pulzní elektromagnetická metoda nebo impedanční defektoskopie. Hlavní důraz je kladen především na nejpoužívanější zátopovou zkoušku a novou do budoucna nejperspektivnější impedanční defektoskopii. V poměrně menším rozsahu tato práce obsahuje pojednání o hydroizolačních materiálech a dále o poruchách a sanacích hydroizolační povlakové krytiny.

Téma je aktuální především s ohledem na stále více probíranou problematiku tepelnětechnických požadavků na budovy potažmo tepelnětechnických vlastností stavebních materiálů, které by byly především v rámci tepelné izolace střechy v případě poškozené hydroizolační vrstvy střešního pláště značně degradovány.

Hlavním cílem bakalářské práce je zpracovat v rámci jednoho díla, charakterizovat, podrobně analyzovat a zhodnotit metody kontrol hydroizolace na plochých střechách, které jsou na českém trhu dostupné. Firmy specializující se na tuto problematiku vypracovali několik dokumentů pojednávajících o jednotlivých metodách nebo zahrnující metody používané v rámci dané společnosti. Tyto dokumenty spolu s odbornou literaturou z oboru hydroizolačních materiálů se mi staly hlavními podklady pro zpracování bakalářské práce.

2 Hydroizolace plochých střech

Hydroizolační vrstva plochých střech je nejdůležitější vrstvou v souvrství střechy. Pro hydroizolační vrstvu se používají povlakové krytiny, které nám zajišťují odvod srážkové vody a chrání vnitřní prostor objektu a vrstvy střešního pláště pod hydroizolací před povětrnostními vlivy. Povlakové krytiny jsou vodonepropustné, a to pro vodu v tuhém nebo kapalném skupenství. Tato vodonepropustnost je zajištěna jednak samotnými vlastnostmi materiálu použitého pro výrobu hydroizolace a také celistvostí a spojitostí hydroizolační vrstvy jako celku. Hydroizolační vrstva musí působit jako vodotěsný, celistvý povlak. Abychom tohoto docílili, vodotěsnost musí být zajištěna v ploše střechy, ve všech napojeních na střešní okraje (atiky, římsy), u veškerých prostupů a jiných detailů.

Rozdělení povlakových krytin, které se odvíjí od jejich materiálu, je následující:

- a) Asfaltové hydroizolační pásy.
- b) Hydroizolační fólie.
- c) Hydroizolační stěrky.

2.1 Asfaltové hydroizolační pásy

Hlavní vodotěsnou složkou asfaltových hydroizolačních pásů je, jak již název napovídá, asfalt. Ten patří mezi nejstarší stavební materiály vůbec. Asfalt je látka živičná a lze z chemického hlediska popsat jako tmavě šedý až černý, tuhý, plastický až tvrdý, netěkavý uhlovodík, který je rozpustný pouze v organických rozpouštědlech, nikoli ve vodě. Má vysokou průměrnou molekulovou hmotnost a komplikované chemické složení. Asfalt obsahuje přibližně 84 % uhlíku, 10 % vodíku a 6 % kyslíku.

Asfalty obecně dělíme na:

- a) **Přírodní** – přírodní asfalty vznikají za určité teploty a tlaku přeměnou ropy. Vyvěrají na zemský povrch nebo těsně pod něj a vytvářejí tzv. asfaltová jezírka – v současné době chráněné přírodní útvary. Přírodní asfalty se těží např. v Trinidadu, Albánii (město Selenica), Venezuele, Iráku. Přírodní asfalty se na výrobu asfaltových hydroizolací či jiných stavebních materiálů nepoužívají.

b) Ropné – ropné asfalty vznikají jako poslední produkt při destilaci ropy. Nejdříve se v atmosférické destilační koloně z ropy oddestiluje kerosin, benzín, petrolej a oleje. Tím vznikne destilační zbytek tzv. mazut, z kterého se další destilací ve vakuové destilační koloně oddestilují tři olejové frakce a zbytkem je asfalt. Vlastnosti ropných asfaltů mohou být rozdílné a jsou odvislé od druhu ropy, z níž jsou vyrobeny. Tyto ropné asfalty jsou používány pro výrobu veškerých stavebních materiálů na bázi asfaltu.

Asfaltové hydroizolační pásy jsou zatím nejpoužívanějším hydroizolačním materiálem ve stavebnictví s nejpočetnější nabídkou sortimentu. Jednotlivé typy asfaltových pásů se od sebe liší tloušťkou, druhem použitého asfaltu, typem nosné vložky a povrchovou úpravou. Na základě uvedených rozlišností, má každý takový asfaltový pás rozdílné dílčí vlastnosti. Tyto vlastnosti různých asfaltových pásů mohou být v některých případech velmi podobné, v jiných zcela odlišné.

Základní vrstvy asfaltových pásů jsou:

- úprava horního povrchu,
- horní krycí asfaltová vrstva,
- nosná vložka,
- spodní krycí asfaltová vrstva,
- úprava spodního povrchu.

Z hlediska tloušťky rozdělujeme asfaltové pásy na:

- pásy typu A,
- pásy typu R,
- pásy typu S.

2.1.1 Asfaltové pásy typu A

Základním charakteristickým znakem asfaltového pásu typu A je absence krycích asfaltových vrstev. Jedná se v podstatě o asfaltem impregnovanou nosnou vložku z papírové či hadrové lepenky, nebo ze skelné rohože. Tloušťka těchto pásů je odvislá od typu nosné vložky a nepřesahuje 1 mm. Tyto pásy jsou zcela nevhodné pro vytvoření hydroizolační vrstvy

plochých střechech, a to jak hlavní, tak i pojistné. Asfaltové pásy typu A se v současné době používají na plochých střechech pouze pro vytvoření vrstvy separační, podkladní, vyrovnávací, ochranné nebo jako pomocná hydroizolace na dočasnou ochranu před technologickou vodou.

2.1.2 Asfaltové pásy typu R

Zmíněné asfaltové pásy již obsahují krycí asfaltové vrstvy. Tloušťky těchto krycích vrstev jsou do 1 mm a celková tloušťka asfaltového pásu nepřesahuje 2,5 mm. Asfaltové pásy typu R nelze pokládat natavováním plamenem propanbutanového hořáku. Povlaková hydroizolace lze z těchto výrobků provést jejich pokládkou do asfaltových hmot zpracovaných za horka a lze ji použít např. jako hydroizolaci proti zemní vlhkosti. Pro vytvoření hydroizolační vrstvy plochých střechech (hlavní či pojistné) jsou tyto pásy rovněž nevhodné. Dnes se do skladby střešního pláště plochých střechech vkládají zpravidla ve funkci expanzní vrstvy (tzv. děrované pásy typu PERBITAGIT, PER V13). Ve skladbě šikmých střechech mají funkci provizorní hydroizolace, anebo pojistné hydroizolace pod skládanou krytinu (pokud mají nenasákavou nosnou vložku).

2.1.3 Asfaltové pásy typu S

Tloušťka krycích vrstev asfaltových pásů typu S je více než 1 mm a jejich celková tloušťka se pohybuje v rozmezí od 3,0 mm do 5,0 mm. V dnešní době existují také speciální hydroizolační pásy, jejichž tloušťka přesahuje zmíněných 5,0 mm. Tyto speciální pásy jsou určeny pro hlavní jednovrstvou hydroizolaci plochých střechech. Asfaltové pásy typu S se vyrábějí jako natavitelné a s nenasákavou nosnou vložkou, jsou vhodné pro vytvoření hydroizolace plochých střechech.

Asfaltové pásy dále dělíme dle způsobu výroby asfaltu na:

- pásy z oxidovaného asfaltu,
- pásy z modifikovaného asfaltu.

2.1.4 Pásky z oxidovaného asfaltu

Z oxidovaného asfaltu se v minulosti vyráběly a také dodnes vyrábějí natavitelné asfaltové pásy. V České Republice se vyrábí od roku 1962. Vlastnosti pásů z oxidovaného asfaltu:

- bod měknutí +80 °C,
- stálost za tepla +70 °C,
- ohebnost 0 °C až +4 °C,
- na svislých plochách mohou stékat,
- relativně nízká životnost,
- nejsou odolné vůči UV záření, a tudíž je nutná povrchová úprava pásů,
- ve srovnání s pásy z modifikovaného asfaltu jsou výrazně levnější.

2.1.5 Pásky z modifikovaného asfaltu

Jelikož asfaltové pásy z oxidovaného asfaltu mají i při dodržení všech výrobních postupů nedostatečné technické parametry a malou životnost, začaly se do asfaltů přidávat přísady tzv. modifikátory pro zlepšení jejich technických vlastností. Tento proces se nazývá modifikace asfaltu. V současnosti se používají dvě základní modifikace asfaltu:

- a) **Modifikace APP** (ataktický polypropylen).
- b) **Modifikace SBS** (styren–butadien–styren).

Modifikace APP byla vyvinuta v roce 1962 v Itálii. Jako modifikátor se používá ataktický polypropylen v množství 17 % až 25 %. V řadě případů někteří výrobci tento asfalt ještě vylepšují přidáním polyolefinů pro zvýšení odolnosti tohoto asfaltu při nízkých teplotách.

Vlastnosti pásů z asfaltu modifikovaného APP:

- bod měknutí +150 °C,
- stálost za tepla +130 °C,
- ohebnost -15 °C,
- má plastickou deformaci, tj. po protažení je bez vratného efektu,
- dobré zpracování při vysokých teplotách,
- nesmí se mechanicky kotvit k podkladu z důvodu nižší tangenciální pevnosti ve spojích v průběhu stárnutí,
- jsou odolné vůči UV záření (nepotřebují ochrannou vrstvu),

- oproti modifikaci SBS mají větší tuhost,
- oproti modifikaci SBS jsou levnější,
- vyšší životnost v porovnání s pásy z oxidovaného asfaltu.

Modifikace SBS byla vyvinuta v roce 1968 ve Francii. V tomto případě se do asfaltu přidává kaučuk styren–butadien–styren v množství 8 % až 15 %. Vlastnosti pásů z asfaltu modifikovaného SBS:

- bod měknutí +120 °C,
- stálost za tepla +100 °C,
- ohebnost -25 °C,
- má elastickou deformaci, tj. po protažení má vratný efekt (využití např. při dilatačních pohybech),
- snazší zpracování při nízkých teplotách,
- možnost mechanicky kotvit k podkladu v případě, že pás obsahuje vhodnou vložku,
- nejsou odolné vůči UV záření (potřebují ochrannou vrstvu),
- v případě nižšího stupně modifikace mohou po svislých plochách stékat,
- možnost kombinace s některými pásy z oxidovaného asfaltu,
- oproti modifikaci APP jsou dražší,
- vyšší životnost v porovnání s pásy z oxidovaného asfaltu.

2.1.6 Nosná vložka

Nosná vložka je velmi významnou složkou každého asfaltového pásu a umožňuje samotnou výrobu asfaltového pásu na výrobní lince. Samotná nosná vložka ovlivňuje technické parametry daného asfaltového pásu a tudíž možnosti jeho použití, potažmo vlastnosti a životnost celého hydroizolačního souvrství. Nosná vložka také ovlivňuje kvalitu asfaltového pásu i svým umístěním v něm. Měla by být umístěna ve střední třetině tloušťky pásu. Pokud se nachází při spodním povrchu, může se poškodit při natavování pásů. Při umístění vložky blízko horního povrchu existuje riziko nižší životnosti tohoto pásu a tudíž i celé hydroizolační vrstvy. Nosné vložky rozlišujeme dle materiálového provedení, kvality (nasákavost, pevnost, tažnost, atd.) a plošné hmotnosti.

Mezi velmi důležité vlastnosti nosných vložek patří jejich nasákavost. Z hlediska nasákavosti rozdělujeme nosné vložky do dvou skupin:

- a) **Nasákavé** – jutová tkanina, jutová plst', střešní surové lepenky, sulfátové papíry.
- b) **Nenasákavé** – skelná rohož, skelná tkanina, polyesterová rohož, polyesterová tkanina, plastové fólie, kovové fólie, kombinované (např. skleněná osnova s polyesterovou netkanou textilií).

Asfaltové pásy používané pro vytvoření hydroizolační vrstvy plochých střech, musí mít zásadně nosnou vložku nenasákavou.

V dnešní době se můžeme setkat i s bezvložkovými pásy, které jsou vyrobeny ze silně modifikovaného asfaltu SBS. V těchto pásech je podíl kaučuku SBS 22 %. Vlastnosti pásu jsou odvislé od vlastností samotného asfaltu. Pro svou výbornou tvarovatelnost se tyto pásy s výhodou používají na různé detaily. Nevýhodou je ekonomická náročnost.

2.1.7 Povrchové úpravy asfaltových pásů

Povrchová úprava asfaltových pásů má zajišťovat ochranu před UV zářením, ochranu proti zvětrávání, snížení povrchové teploty pásu a ochranu proti přelétavému ohni. Povrchová úprava také chrání pás proti jeho slepení v roli a má i funkci estetickou. Ochranu proti slepení obvykle zajišťuje PE (polyetylen) nebo PP (polypropylen) fólie. Dále je používán posypový materiál, např. mastek, křemičitý písek, přírodní břídlíce, slínek a křída. Tento posyp má mimo jiné již zmíněnou estetickou funkci a bývá v barevném provedení. Pro agresivní prostředí se používají pásy s povrchovou úpravou z kovové fólie odolávající těmto vlivům.

2.2 Hydroizolační fólie

Spolu s asfaltovými pásy tvoří hydroizolační fólie nejpoužívanější skupinu materiálů používaných pro vytvoření povlakové krytiny plochých střech. Počátky hydroizolačních fólií se datují do 20. let minulého století a souvisí s tehdejšími rozvojem aplikované organické chemie. V Německu roku 1938 byla použita první hydroizolační fólie pro izolaci ploché střechy, která byla na bázi polyizobutylenu. V 50. letech minulého století byl vyzkoušen jako

izolační materiál na plochých střeších polyvinylchlorid, a v 60. až 70. letech se do stavební praxe začaly dostávat také další typy fólií.

Výhody hydroizolačních fólií jsou:

- nízká plošná hmotnost – do $3,0 \text{ kg.m}^{-2}$,
- malá tloušťka – zpravidla 1,2 mm až 2 mm,
- jsou používány jako jednovrstvá izolace,
- nejsou omezeny z hlediska sklonu střechy (možnost použití i pro bezespádové střechy),
- vysoká průtažnost – cca 500 %,
- výborná ohebnost a tvárnost a to i za nízkých teplot,
- nízký difuzní odpor (možnost provádění sanace s ponecháním stávající hydroizolace),
- jsou téměř nenasákavé,
- spojování pásů bez použití plamene,
- větší šířka pásů,
- odolnost vůči běžným průmyslovým zplodinám,
- odolnost proti UV záření a klimatickým vlivům,
- bezúdržbovost,
- estetický vzhled.

Nevýhody hydroizolačních fólií jsou:

- nižší odolnost proti mechanickému poškození,
- možnost propálení,
- chemická nesnášenlivost s některými dalšími stavebními hmotami,
- nutnost odborné pokládky.

2.2.1 Druhy hydroizolačních fólií

Vlivem vývoje hydroizolačních materiálů dochází k postupnému zužování rozdílů mezi nimi. Po zavedení polymerní modifikace začaly asfaltové pásy postupně získávat vlastnosti dříve přiřazované pouze fóliím, např. možnost mechanického kotvení, použití pouze v jedné vrstvě, možnost spojování pásů horkým vzduchem namísto plamenem, atd. Na straně druhé se do fólií začal přidávat podíl asfaltu propůjčující fóliím vlastnosti asfaltových pásů, a to především jejich odolnost proti mechanickému poškození.

Rozdělení hydroizolačních fólií:

a) Termoplastické fólie – jedná se o nejrozšířenější typ hydroizolačních fólií. Charakteristickými vlastnostmi jsou opakovatelná plastifikace působením tepla (projevuje se návratem do původního pružného stavu po ochlazení), vysoká tažnost a recyklovatelnost. Do dnešní doby jsou termoplastické fólie vyráběny především z materiálu na bázi:

- měkčeného polyvinylchloridu (mPVC),
- etylen-vinyl-acetátů (EVA),
- polyolefinů (PO),
- modifikovaných polyetylenchloridů (PEC).

b) Termoplastické fólie s nízkým obsahem asfaltů – tento typ fólií tvoří přechodovou fázi mezi polymerními fóliemi a asfaltovými pásy. Podíl asfaltu v těchto fóliích je, ve srovnání s modifikovanými asfaltovými pásy, relativně nízký. Tento podíl asfaltu ve výchozí surovině také určuje vlastnosti daného materiálu. Při nižším podílu asfaltu se vlastnosti blíží fóliím a při vyšší koncentraci asfaltu materiál získává vlastnosti asfaltových pásů. Mezi termoplastické fólie s nízkým obsahem asfaltů se řadí materiály na bázi:

- etylen-kopolymer-bitumen (ECB),
- olefin-kopolymer-bitumen (OCB).

c) Elastomerní fólie – vycházejí ze syntetické kaučukové báze. Jejich hlavní vlastností je plně elastické chování. Mezi další vlastnosti řadíme např. nemožnost tepelného tvarování a vysoký faktor difuzního odporu. Vzhledem ke svým vlastnostem nelze tyto fólie vzájemně spojovat horkým vzduchem nebo kompletovat poplastovanými plechy. Pro vzájemné spojení se používají speciální lepidla nebo lepicí pásy. Řadíme zde fólie na bázi:

- polyizobutylenu (PIB),
- etylen-propylen-dien-monomer-kaučuku (EPDM),
- izobutylen-izopren-kaučuku (butylkaučuku) (IIR),
- polychlorpren-kaučuku (CR),
- polyetylenchlorsulfátu (CSM).

Pro izolaci ploché střechy využíváme prakticky pouze fólie na bázi PIB a EPDM.

d) Termoplasticko-elastomerní fólie – jsou poměrně úzkou skupinou materiálů. Mají vlastnosti jak elastomerních, tak termoplastických fólií. Mezi elastomerní vlastnosti patří pružnost a díky vlastnostem termoplastickým se mohou svařovat horkým vzduchem. Patří zde materiály na bázi:

- modifikovaného etylen-propylen-dien-monomer-kaučuku (EPM),
- chlorsulfidového polyetylen (CSPE).

2.2.2 Druhy hydroizolačních fólií z hlediska jejich konstrukce

Z hlediska konstrukce dělíme hydroizolační fólie do čtyř skupin, a to na vyztužené, s vložkou, nevyztužené a speciální.

a) Vyztužené fólie – do fólií se vkládá výztuž z důvodu zlepšení jejich mechanických vlastností. Výztuž především zvyšuje pevnost v tahu, snižuje průtažnost a zajišťuje vysokou vrubovou houževnatost fólií. Vyztužení fólií je vnitřní a vnější. Při vnitřním vyztužení, kdy je výztuž tvořena mřížkou z polyesterových vláken nebo ještě kombinovaná se skelnou rohoží, se tato výztuž vkládá mezi dvě dílčí fólie. Vnější vyztužení se provádí na spodní straně fólie vrstvou polyesterového rouna nebo skelné rohože s mřížkou z polyesterových vláken, tzv. kašírováním.

b) Fólie s vložkou – postup výroby se shoduje s výrobou vnitřně vyztužených fólií, pouze materiál výztuže se liší. Zatímco u vnitřně vyztužených fólií se používá mřížka z polyesterových vláken, u těchto fólií pracujeme se skelným rounem, které zajišťuje rozměrovou stálost fólie.

c) Nevyztužené fólie – tyto fólie jsou v celé své tloušťce homogenní a veškeré vlastnosti se odvíjí od vlastností samotného materiálu fólie. Do této skupiny se řadí např. fólie EPDM a EVA, které se i pod zátěž vkládají bez vyztužení.

d) Speciální fólie – jedná se o nejnovější typ hydroizolačních fólií. Tyto fólie v sobě skrývají kromě své hlavní hydroizolační funkce i funkce další. Příkladem je fólie Evolan-Solar na bázi EVA. Při horním povrchu této fólie jsou instalovány fotovoltaické články, přičemž hydroizolační i ostatní vlastnosti jsou zcela zachovány.

2.3 Hydroizolační stěrky

Stěrková hmota se aplikuje nátěrem, nástřikem nebo válečkováním na podklad, čímž vzniká stěrková hydroizolace. Hydroizolační stěrky bývají také nazývány jako tekuté fólie.

Výhody hydroizolačních stěrek jsou:

- možnost použití u střech s nerovným povrchem,
- snadné izolování i složitých detailů,
- snadná realizace u složitějších střech,
- jednoduchá aplikace bez hořáků, atd.,
- malá hmotnost.

Nevýhody hydroizolačních stěrek jsou:

- nutnost vhodných povětrnostních podmínek při provádění,
- velká pracnost z důvodu nanášení několika vrstev,
- vysoké nároky na kvalitu podkladní vrstvy,
- nerovnoměrná tloušťka hotové hydroizolace,
- vysoké požadavky na provedení.

Hydroizolační stěrky se dělí dle materiálového hlediska na:

- asfaltové,
- akrylátové,
- polyuretanové,
- polyesterové.

a) Asfaltové stěrky – jsou vyrobeny z kvalitních asfaltů a přísad, které umožňují zpracovávat tyto stěrky za studena. Při sanaci stávající stěrkové hydroizolace se provádí v jedné až dvou vrstvách. Pokud se jedná o novou stěrkovou hydroizolaci, aplikuje se materiál ve více vrstvách do tloušťky cca 4 mm s vyztužením.

b) Akrylátové stěrky – jedná se o stěrky na bázi akrylátových disperzí. Materiálovým základem je vodní disperze makromolekulárních syntetických polymerů styren-akryl. Vlastní hmota akrylátových stěrek je jednosložková a vodou ředitelná. Pro zlepšení

vlastností jsou akrylátové disperze obohaceny o přísady. Akrylátové stěrky se převážně používají pro opravy stávajících hydroizolací. Dodávají se v tekuté formě a aplikují se natíráním, stříkáním nebo válečkováním za studena.

- c) **Polyuretanové stěrky** – jsou mnohem kvalitnější a dražší než akrylátové stěrky. Vyrábí se jako jednosložkové, tekuté materiály. Polyuretanové stěrky se na podklad aplikují ve dvou vrstvách s časovým odstupem 24 hodin v minimální tloušťce 1,2 mm. Během aplikace, jakmile přijde stěrka do kontaktu se vzduchem, dochází k procesu polymerace a k uvolňování CO₂.
- d) **Polyesterové stěrky** – jsou nejkvalitnějším typem hydroizolačních stěrek, což se odráží také na ceně, která je nejvyšší nejen mezi stěrkami, ale také v porovnání s asfaltovými pásy nebo fóliemi. Vyrábí se z polyesterových pryskyřic a nanáší se ve dvou vrstvách, mezi které se vkládá polyesterová tkanina. Celková tloušťka hotové hydroizolační vrstvy je v rozmezí 2 mm až 2,5 mm. Kvalitu těchto stěrek ukazují jejich vlastnosti, např. nízká hodnota faktoru difuzního odporu, možnost použití pro hydroizolace vodních nádrží a funkčnost hydroizolace 30 minut po její aplikaci na podklad.

3 Možnosti kontroly kvality hydroizolace plochých střech

Hydroizolace je nejdůležitější vrstvou v souvrství střechy, která je, spolu se svislými obvodovými konstrukcemi, nejdůležitější částí stavebního objektu. Svislé a vodorovné obvodové konstrukce tvoří tzv. obálku budovy a chrání vnitřní prostor před vnějšími klimatickými vlivy. Zatímco při návrhu svislých obvodových konstrukcí se zaměřujeme především na jejich dostatečnou tepelně izolační vlastnost, při návrhu skladby ploché střechy je nejdůležitější vrstvou její povlaková krytina potažmo hydroizolační vlastnost.

Za základní indikaci pro provedení kontroly hydroizolace střechy považujeme výskyt vody ve skladbě střešního pláště případně i ve vnitřních prostorách objektu. Výskyt vody nemusí být vždy zapříčiněn jen poruchou povlakové krytiny. V mnoha případech se voda vyskytuje v konstrukci z důvodu nevhodného návrhu střešního pláště (např. nedostatečná tloušťka tepelného izolantu) a následnou kondenzací vodních par pod hydroizolační vrstvou. Kondenzace vodních par může probíhat ve skladbě střešního pláště nebo také na vnitřním povrchu stavební konstrukce, která v tomto případě nesplňuje požadavek na nejnižší vnitřní povrchovou teplotu a tudíž teplota vnitřního povrchu stavební konstrukce je nižší, nebo rovna teplotě rosného bodu. Pokud dochází ke kondenzaci vodních par uvnitř střešního pláště, může docházet k degradaci jednotlivých vrstev a k narušování jejich funkčnosti. Degradace nosné konstrukce následně ohrožuje funkce statické. Při kondenzaci v tepelném izolantu jsou výrazně zhoršeny funkce tepelně izolační a v neposlední řadě jsou také narušeny funkce estetické a hygienické v případě poškození vnitřních povrchových úprav. Za určitých podmínek může dojít i k narušení funkčnosti souvisejících stavebních prvků, např. funkční spáry střešních oken, vikýřů, světlíků, apod.

Pokud provedeme kvantitativní srovnání dvou výše uvedených příčin výskytu vody ve střešní konstrukci, zjistíme, že množství vody, které se v konstrukci střechy nebo na vnitřním povrchu konstrukce v interiéru vyskytuje v důsledku kondenzace vodních par, je nesrovnatelně menší, než množství vody pronikající pod hydroizolaci v důsledku poruchy vodotěsnosti povlakové krytiny. Proto se při zjišťování příčiny vlhkostní závady v první řadě věnuje pozornost a zkoumá celistvost, neporušenost a správnost provedení povlakové hydroizolační vrstvy, a to jak v detailech, tak v ploše.

Bez zodpovědné kontroly a řádného odzkoušení hydroizolací nemůžeme nikdy s jistotou říci, že dílo je provedeno řádným a zcela spolehlivým způsobem, a že není nikde z jakéhokoli důvodu poškozeno. Prohlásit konstrukci za spolehlivou a vodotěsnou můžeme až po úspěšném provedení příslušných zkoušek.

Ve srovnání se střechami šikmými je zjišťování závad na plochých střechách mnohem komplikovanější záležitostí. Z důvodu malých sklonů střešních rovin a zcela sporadického provádění hydroizolačních přepážek u plochých střech, dochází při proniknutí srážkové vody pod hydroizolaci k jejímu rozlití na velkou plochu (v mnoha případech i na plochu celou) střešního pláště. Následně voda postupuje trhlinami, prasklinami, dilatačními či pracovními spárami, otvory pro prostupy střešním pláštěm a kolem střešních vpustí dále k vnitřnímu povrchu konstrukce, což zapříčiňuje obtížnost lokalizace poruch hydroizolace.

Další velmi výraznou komplikací, při provádění kontroly hydroizolace plochých střech, shledáváme situaci, kdy povlaková krytina není horní vrstvou střešního pláště. Tento problém se týká střech provozních (pochůzné, pojížděné, zelené), inverzních a střech se stabilizační vrstvou, kde na hydroizolační vrstvě leží ještě vrstvy další, např. kačírek jako stabilizační vrstva, zemní substrát na zelených střechách, dlaždice pro střechy pochůzné, železobetonová deska pro střešní parkoviště, atd. Při výskytu poruchy na těchto střechách je nezbytné odkrýt všechny vrstvy nad hydroizolací a teprve poté může být provedena lokalizace a oprava porušeného místa. Oprava tohoto druhu je velmi nákladná a časově náročná. Zřejmě nejnáročnější a nejnákladnější se jeví oprava zelené střechy. Zatímco u zelených střech s extenzivní zelení se vrstva zeminy pohybuje zhruba do 8 cm, u střech s intenzivní zelení tato vrstva dosahuje mocnosti od 30 cm až do 125 cm. Jedná se potom o odstranění značného množství zeminy.

Obecný postup provádění kontroly hydroizolace plochých střech začíná vyloučením případného možného zdroje průniku vlhkosti působením větrem hnaných srážek na související konstrukce a vizuální prohlídkou vlastního střešního pláště včetně souvisejících konstrukcí. Současně lze také provádět kontrolu kvality svarů za pomoci zkušební jehly. V první řadě kontrolujeme konstrukční detaily z důvodu statisticky vyšší pravděpodobnosti výskytu poruchy v těchto oblastech než v ploše střechy. Poruchy jsou zhruba ze 70 % lokalizovány ve zmíněných konstrukčních detailech povlakové krytiny, převážně v napojení na svislé konstrukce (atiky, výtahové šachty, atd.), u prostupů a střešních vpustí. Následně se

provádějí další typy zkoušek dle dané situace a možností. Jednotlivé typy zkoušek jsou podrobněji rozepsány níže v textu.

V praxi se uplatňují následující typy zkoušek:

- vizuální kontrola,
- zkouška těsnosti spojů zkušební jehlou,
- zátopová zkouška,
- jiskrová zkouška,
- vakuová zkouška spojů,
- tlaková zkouška spojů,
- dýmová zkouška,
- termografická defektoskopie,
- pulzní elektromagnetická metoda,
- impedanční defektoskopie.

3.1 Vizuální kontrola

Vizuální kontrolu je nutno provádět po celou dobu realizace. Považujeme ji za základní nástroj kontroly hydroizolací jak v ploše, tak ve svarech a detailech. Vizuální kontrola se provádí u všech druhů povlakových hydroizolací, bez ohledu na materiál hydroizolace, umístění ve stavební konstrukci, způsob provedení nebo kategorii hydrofyzikální expozice.

V průběhu a po ukončení realizace je nutno sledovat především bezchybné dodržování technologického postupu a přesný soulad s projektovou dokumentací. Provádění povlakových hydroizolací má, stejně jako i jiná řemesla, svoje určité technologické zákonitosti, jejichž nedodržení dokáže většinou odhalit pouze specializovaný pracovník. Pravidelné vizuální kontroly mohou zamezit výskytu opticky skrytým vadám projevujícím se až po určitém čase užívání a jsou spojeny s nepříjemnými a ekonomicky náročnými opravami. Dále vizuální kontrolou sledujeme dodržení dostatečných přesahů, správnost kotvení hydroizolace, opracování detailů atd.

Jestliže povlaková hydroizolace není ve skladbě střechy navržena jako horní vrstva střešního pláště, ale je překryta ochrannou, stabilizační či provozní vrstvou, je nezbytné provést vizuální kontrolu před realizací této navazující vrstvy.

Vizuální kontrolu provádí v první řadě vedoucí pracovní čety nebo vedoucí pracovník realizační firmy, následně, při předávání celého díla nebo dílčích úseků hydroizolace, zástupce realizační firmy s objednavatelem hydroizolačních prací nebo jeho zástupcem – technickým dozorem investora.

Tab. 1 Vizuální kontrola – shrnutí

Předmět kontroly	<ul style="list-style-type: none"> - hydroizolace v celé ploše střešního pláště - provedení veškerých detailů - provedení, jednotnost a bezvadnost spojů (obr. 1) - provedení přesahů hydroizolačních pásů (především šířka podélného přesahu) - kompletnost a celistvost systému - kontaminace hydroizolace chemickými látkami a jinými prostředky - mechanické poškození hydroizolace (obr. 2), výrobní vady pásů, atd.
Termín kontroly	<ul style="list-style-type: none"> - v průběhu realizace dle potřeby (zpravidla na konci směny nebo po ukončení realizace daného úseku) - před pokládkou vrstev, které překrývají hydroizolační povlak - při předání díla nebo dílčích úseků
Kontrolor	<ul style="list-style-type: none"> - v průběhu realizace vedoucí pracovní čety nebo vedoucí pracovník realizační firmy - při předávání díla nebo dílčích úseků zástupce realizační firmy s investorem nebo jeho technickým dozorem
Výstup kontroly	<ul style="list-style-type: none"> - zápis ve stavebním deníku o provedené kontrole s podpisy všech zúčastněných stran - předávací protokol



Obr. 1 Nekvalitní spoj asfaltových pásů [11]



Obr. 2 Perforace hydroizolace [11]

3.2 Zkouška těsnosti spojů zkušební jehlou

Zkouška za pomoci zkušební jehly probíhá souběžně s vizuální kontrolou. Zkušební jehla se táhne kovovým hrotem po spoji a ověřuje se tak homogenita a mechanická pevnost po celé délce spoje. Tento způsob kontroly je realizován především pracovníky izolační firmy pro svou vlastní potřebu, ale výjimkou není také kontrola zkušební jehlou při předávání díla. Zkouška těsnosti zkušební jehlou může být provedena nejdříve až po vychladnutí spoje.

Jestliže v průběhu provádění kontroly dojde k vniknutí hrotu jehly částečně nebo zcela do spoje mezi hydroizolační materiály (obr. 3), je toto místo označeno za nevyhovující a je nutné ho opravit záplatou nebo jiným možným způsobem.



Obr. 3 Odhalení netěsnosti spoje zkušební jehlou [15]

Tab. 2 Zkouška těsnosti spojů zkušební jehlou – shrnutí

Předmět kontroly	- těsnost, kontinuita a bezvadnost spojů hydroizolačních pásů jak v ploše střechy tak v místech opracování detailů
Termín kontroly	<ul style="list-style-type: none"> - v průběhu realizace dle potřeby (zkouška probíhá zároveň s vizuální kontrolou na konci směny nebo po ukončení realizace daného úseku) - před pokládkou vrstev, které překrývají hydroizolační povlak - při předání díla nebo dílčích úseků
Kontrolor	<ul style="list-style-type: none"> - v průběhu realizace vedoucí pracovní čety nebo vedoucí pracovník realizační firmy - při předávání díla nebo dílčích úseků zástupce realizační firmy s investorem nebo jeho technickým dozorem
Výstup kontroly	<ul style="list-style-type: none"> - zápis ve stavebním deníku o provedené kontrole s podpisy všech zúčastněných stran - předávací protokol

Hlavní pracovní pomůckou pro tento typ kontroly je zkušební jehla (obr. 4). Někdy lze alternativně použít jiný pracovní nástroj vhodný pro tuto zkoušku např. špachtli.

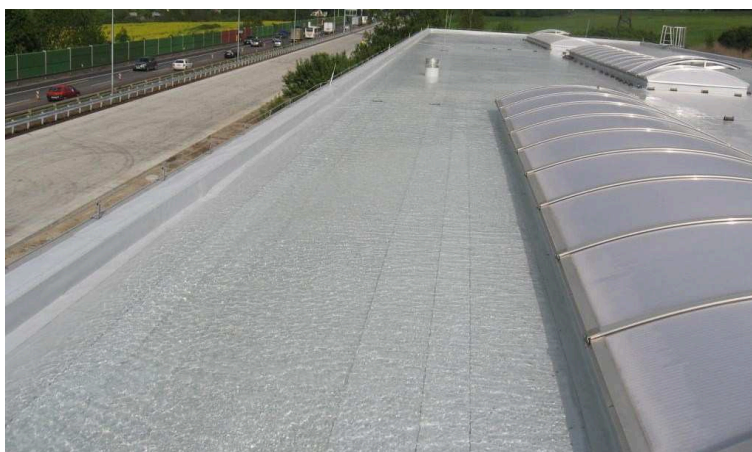


Obr. 4 Zkušební jehla [5]

3.3 Zátopová zkouška

Zátopová zkouška hydroizolací plochých střech je i přes absenci jakékoli platné legislativní normy základní a nejrozšířenější test povlakových hydroizolačních vrstev. V České Republice existuje v současné době norma ČSN 75 0905 Zkoušky vodotěsnosti vodárenských a kanalizačních nádrží [24], ale jak již název prozrazuje, norma nezahrnuje zkoušky hydroizolací na plochých střechách. Přesto je možné, při provádění zátopové zkoušky na plochých střechách, provádět některé kroky s přihlédnutím k ustanovení jednotlivých článků ČSN 75 0905 [24] a dále vycházet z dlouholetých zkušeností firem zabývajících se touto problematikou.

Zátopová zkouška se provádí buď na celé ploše ploché střechy (obr. 5), anebo na dílčích plochách po rozdělení střechy na sektory (obr. 6). Výhodnější vzhledem k nižšímu zatížení nosné konstrukce a k snadnější lokalizaci případné poruchy je provést zkoušku po jednotlivých sektorech. Na stranu druhou velkou výhodou zátopové zkoušky prováděné na celé ploše střechy je fakt, že se nemusí provádět vodotěsné přepážky. Sektory zaplavujeme cíleně a řízeně a výška hladiny se odvíjí od nejvyššího bodu hydroizolace v daném sektoru, který musí být zaplaven vodou. Důležité je, brát zřetel na nejmenší výšku opracování jednotlivých prostupů střechou a ostatních detailů. Zátopová zkouška musí být ověřena statickým posouzením nosné konstrukce střechy. Ze statických důvodů je nutné zajistit nejvyšší povolenou hladinu proti jejímu překročení. V případě dlouhodobých dešťů by mohlo dojít ke zvýšení hladiny vody ve zkoušeném sektoru a k přetížení nosné konstrukce střechy. Proto musí být ještě před zatopením zřízen bezpečnostní přepad např. na střešní vtok.



Obr. 5 Zátopová zkouška celoplošná [13]



Obr. 6 Zátopová zkouška – sektorování plochy [9]

Doba trvání zátopové zkoušky je pro prokázání správné funkčnosti hydroizolační vrstvy 48 hodin, respektive pokud jsou podkladní a nosné konstrukce snadno propustné pro vodu, můžeme tuto zkoušku zkrátit na 24 hodin, v tomto případě mluvíme o zkrácené zátopové zkoušce. Pokud se po uplynutí časového intervalu neobjeví na spodním líci stropní konstrukce v interiéru žádné průsaky, lze zkoušku považovat za úspěšnou. V případě výskytu průsaků na spodním líci stropní konstrukce je nutno, bez ohledu na dobu trvání zkoušky, zkoušku ihned přerušit. Následuje odčerpání nebo vypuštění veškeré zátopové vody ze zkoušeného sektoru, provedení vizuální kontroly hydroizolace v daném sektoru, oprava případné nalezené netěsnosti, a teprve poté se může přistoupit k opakování zátopové zkoušky.

I přes nesporné pozitivní vlastnosti má zátopová zkouška velké negativa. Jedná se především o neschopnost indikovat konkrétní místo netěsnosti. Během zátopové zkoušky jsme schopni při vhodném sektorování a harmonogramu zkoušení určit sektor, ve kterém se nachází poškozená povlaková hydroizolace, ale konkrétní místo poruchy pomocí zkoušky neodhalíme. Může také nastat situace, že při zátopové zkoušce dojde k výskytu průsaků v interiéru i bez defektu v hydroizolační vrstvě. Tento stav nastane v případě, že již dříve došlo k zaplavení vrstev pod povlakovou hydroizolací a tato voda je nyní během zkoušky vytlačována ke spodnímu líci konstrukce v interiéru zatížením, které je vyvolané tíhou zátopové vody ve zkoušeném sektoru. Z tohoto a i jiných důvodů je vhodné v některých případech zátopovou vodu obarvit potravinářským barvivem pro usnadnění detekce poruch (obr. 7).



Obr. 7 Zátopová voda obarvená barvivem [18]

Zátopová zkouška představuje poměrně komplikovaný proces zjišťování poruch povlakových hydroizolací a je s ní spojeno nemalé množství rizik.

Rizika při realizaci zátopové zkoušky:

- překročení únosnosti nosné střešní konstrukce,
- poškození svislých dešťových odpadních potrubí při vypouštění zátopové vody ze zatopeného sektoru, kdy může dojít k překročení hydraulické kapacity svodu při příliš rychlém vypouštění zátopové vody, což může vést k vytékání vody v místech spojů odpadního potrubí nebo k roztažení spojů v místě nedostatečného uchycení,
- intenzivní projevy zatékání – jedná se o poškození interiéru zátopovou vodou, která zde vniká defektem v hydroizolaci,
- zatopení ostatních vrstev střešního pláště pod povlakovou hydroizolací – v případě prokázání poruchy hydroizolace při zátopové zkoušce, dochází k zaplavení ostatních vrstev střešního pláště, což způsobuje, především u tepelné izolace, výraznou degradaci jejich vlastností.

Abychom co nejvíce eliminovali výše uvedená rizika a zátopovou zkoušku provedli s co možná nejmenším počtem výskytu nežádoucích komplikací dodržujeme určité zásady. Je nutné opětovně upozornit, že zásady nemají oporu v jakémkoli legislativním předpisu a jsou „pouze“ jakousi sumarizací letitých zkušeností firem zabývajících se touto problematikou získaných při realizaci zátopových zkoušek na povlakových hydroizolacích plochých střech.

Zásady pro provádění zátopové zkoušky hydroizolační vrstvy na plochých střechách:

- nutné provedení statického posudku autorizovaným statikem únosnosti střešní konstrukce – zátopová voda znamená značné přetížení na nosnou konstrukci střechy, což by v případě nedostatečné únosnosti mohlo vést až k havárii střešní konstrukce (voda o výšce hladiny 10 cm působí zatížením 1 kN/m^2),
- před zatopením zkoušeného sektoru se provádí vizuální kontrola a dle potřeby i kontrola spojů pomocí zkušební jehly na daném úseku hydroizolace a oprava nalezených netěsností nebo defektů,
- po kontrole a opravách následuje očista povrchu hydroizolace od mechanických nečistot a odstranění volně ležících předmětů,
- řádná kontrola a zdokumentování stavu spodního líce stropní konstrukce v interiéru pod zkoušeným sektorem – zaměřujeme se především na místa s výskytem vlhkosti a místa s úkapem vody,
- doporučuje se, před zahájením zkoušky provést řádné vodotěsné zakrytí konstrukcí, strojů, výrobků a jiných předmětů v interiéru, které je nutno chránit před vodou a vlhkostí,
- s přihlédnutím na členitost, rozlohu a výškové poměry střechy rozhodneme, zda provedeme zkoušku na celé střeše najednou, nebo přistoupíme k sektorování plochy střechy,
- zřízení bezpečnostního přepadu ve zkoušeném sektoru (Zpravidla se jedná o střešní vtok, na který je napojena provizorní trubka s vytaženou hydroizolací a je osazena do výšky požadované hladiny.),
- všechny ostatní střešní vtoky ve zkoušeném sektoru se musí vodotěsně zaslepit přířezem hydroizolačního povlaku, aby nedocházelo k úniku zkouškové vody (S výhodou můžeme použít k zaslepení speciální nafukovací vaky, díky kterým zároveň prověříme těsnost v detailu napojení hydroizolace na střešní vtok.),
- výška hladiny vody v daném sektoru se odvíjí od nejvyššího bodu hydroizolace ve zkoušeném sektoru, který musí být zaplaven vodou,
- pro snadnější lokalizaci případných defektů nebo pro případ, kdy by mohlo dojít k vytlačení již naakumulované vody ve vrstvách pod hydroizolací směrem do interiéru a tím k ovlivnění zkoušky, se doporučuje obarvit zkouškovou vodu potravinářským barvivem (V případě sektorování střechy je možné použití různých barev pro jednotlivé sektory.),

- pokud nedojde k průsakům, je doba trvání zátopové zkoušky s ohledem na materiály ve skladbě střešního pláště 48 hodin nebo 24 hodin (Během této doby sledujeme, zda-li nedochází k průsakům na spodním líci konstrukce nebo dokonce k přímému vytékání vody do interiéru.),
- při objevení průsaků nebo vody je nutno zkoušku ihned přerušit,
- vypouštění zátopové vody musí být postupné, aby nedošlo k poškození svislých dešťových odpadních potrubí,
- jestliže během samotné zátopové zkoušky nedošlo k ověření těsnosti v místě napojení hydroizolace na střešní vtok (Vtoky byly vodotěsně utěsněny přířezem hydroizolačního povlaku.), tak v tom případě se doporučuje k této zkoušce přistoupit během vypouštění zátopové vody,
- z bezpečnostních důvodů musí být zajištěna osoba, která v případě dlouhodobě nepříznivých podmínek přeruší provádění zátopové zkoušky,
- pro kontrolu, zda nedochází k zatékání vody do střešních vrstev, můžeme na střechu osadit kontrolní komínky,
- při teplotách pod 5 °C, dlouhodobém dešti nebo silném větru se provádění zátopové zkoušky nedoporučuje.

Po ukončení každé zátopové zkoušky, by měl být proveden protokol o zátopové zkoušce (obr. 8) a zápis do stavebního deníku o průběhu zkoušky a její závěr. Protokol o zátopové zkoušce se vypisuje nejen v případě provádění zkoušky během výstavby, ale také pokud je nutné zkoušku provést z důvodu zjištěné poruchy na hydroizolaci v době užívání stavby.

Protokol o zátopové zkoušce musí obsahovat:

- typ povlakové hydroizolace,
- výšku hladiny zkouškové vody,
- typ případného barviva,
- rozsah zkoušeného sektoru (nákres, fotodokumentace),
- vnější klimatické podmínky,
- datum a čas začátku zkoušky,
- datum a čas ukončení zkoušky,
- vyhodnocení zkoušky,
- podpisy zúčastněných stran.

PROTOKOL O ZKOUŠCE

- 1 – Datum zkoušky:
- 2 – Místo zkoušky:
- 3 – Objednatel: podpis:
- 4 – Zhotovitel (nádrže): podpis:
- 5 – Projektant: podpis:
- 6 – Provozovatel: podpis:
- 7 – Zkoušku provedl: podpis:
- 8 – Ostatní přítomní: podpisy:
- 9 – Označení, druh a účel zkoušené nádrže, skupina nádrží podle této normy, podzemní/nadzemní nádrž:
- 10 – Technické podrobnosti nádrže:
 - využitelný objem (kapacita): m³
 - maximální výška hladiny vody: m
 - plocha hladiny vody: m²
 - omočený povrch: m²
 - materiál(y), těsnění, spoje:
 - provedení nádrže:
 - údaje o napojených potrubích:
 - údaje o napojených zařízeních:
 - druh a stav povrchů stěn a dna před zkouškou:
- 11 Zkouška vodotěsnosti
 - a) Zabezpečení proti nežádoucímu provozu:

Součásti nádrže	Uzavřeno	Uhášeno	Zaslepeno	Jinak zabezpečeno
Vstup (přístup)				
Uzavírací armatura (zařízení) na přítoku				
Uzavírací armatura (zařízení) na odtoku				
Ostatní				

- b) Měřené maximální a minimální teploty v průběhu zkoušky: °C
teplota ovzduší: °C
teplota zkušební vody: °C
- c) Zdroj zkušební vody, v souladu s 5.8 až 5.10:
- d) Místo k odvedení zkušební vody po zkoušce:
- e) Doba nasáknutí: h
- f) Objem doplněné vody po nasáknutí: m³
- g) Poznámky :
- h) Doba trvání zkoušky: h
- i) Výsledek vizuální prohlídky:
- j) Případný únik vody (podle 6.2 nebo 6.3): mm/24 h; m³/24 h
12. Základní údaje protokolu o zkoušce

	Začátek		Konec		Doba trvání dnů	Podpis
	Datum	hodina	Datum	hodina		
Počáteční naplnění						
Čtení na stupnici	mm		mm		rozdíl mm	
Měření od značky	mm		mm		rozdíl mm	
- 13 Závěr, vyhodnocení:
.....
.....
Zkoušená nádrž vyhovuje / nevyhovuje ČSN 75 0905.

Obr. 8 Protokol o zátopové zkoušce [24]

Tab. 3 Zátopová zkouška – shrnutí

Předmět kontroly	- vodotěsnost dokončené hydroizolační povlakové krytiny jako celku jak v ploše tak v místech spojů a detailů
Termín kontroly	- po ukončení realizace střešního pláště nebo dané oblasti, která bude podrobena zkoušce a po provedení vizuální kontroly a kontroly těsnosti spojů zkušební jehlou - v době užívání pro odhalení příčin vzniklých poruch
Kontrolor	- při předávání díla nebo dílčích úseků zástupce realizační firmy s investorem nebo jeho technickým dozorem - v případě provádění zkoušky v době užívání může zkoušku provádět pracovník nezávislé firmy pohybující se v této oblasti
Výstup kontroly	- protokol o zátopové zkoušce - zápis ve stavebním deníku

3.4 Jiskrová zkouška

Jiskrová zkouška se provádí za pomoci speciálního přístroje tzv. poroskopu (obr. 9). Poroskop je přenosný elektrický přístroj a pracuje na principu vysokonapětového výboje. Rozsah indukovaného napětí je plynule nastavitelný a pohybuje se v rozmezí 5–40 kV. Přístroj obvykle obsahuje kromě základní rovné elektrody také elektrody různých tvarů (obr. 10) pro možnost provádění zkoušky na nerovných detailech střechy.



Obr. 9 Poroskop [2]



Obr. 10 Typy elektrod poroskopu (zleva měřicí hrot, měřicí oblouk, měřicí guma, měřicí pružina) [16]

Podstata jiskrové zkoušky spočívá v elektrickém namáhání povlakové hydroizolační vrstvy zkušebním napětím a nalezením míst s přeskokem jiskry. Samotná zkouška se provádí tažením elektrody poroskopu po hydroizolačním povlaku rychlostí 10 m/min (obr. 11). V místě porušené hydroizolace začnou mezi elektrodou a podkladem přeskakovat jiskry, které jsou indikovány optickým a akustickým signálem. Osoba, která zkoušku provádí, musí být schopna odlišit od sebe jiskry způsobené poruchou v hydroizolaci a tzv. klouzavé výboje. Ty jsou způsobeny vlhkým nebo znečištěným povrchem hydroizolačního povlaku a projevují se jako drobné jiskry šířící se od elektrody po povrchu hydroizolace. Tento jev se může eliminovat použitím elektrody s menší styčnou plochou (např. měřicí hrot) v místě výskytu klouzavého výboje. Pro jiskrovou zkoušku je zcela nezbytné, aby podklad pod hydroizolační vrstvou byl dostatečně vodivý. V případě klasické skladby střešního pláště ploché jednoplášťové střechy se pod povlakovou krytinou nachází tepelný izolant, který je v suchém stavu nevodivý, a tudíž je jiskrová zkouška pro tento typ střešního pláště neprůkazná.



Obr. 11 Realizace jiskrové zkoušky (provádí vedoucí pracovník realizační firmy za přítomnosti technického dozoru investora) [17]

Jiskrová zkouška se používá jako doplňková a lokální metoda pro kontrolu hydroizolace na zjišťování poruch na namátkově vybraných místech. Poruchy se lokalizují pouze v místě přímo pod elektrodou poroskopu, a proto je celoplošné provádění zkoušky velmi náročné na postup provádění a preciznost prací. V praxi se téměř nepoužívá. Jelikož je zkouška prováděna za pomoci vysokého napětí, jsme z bezpečnostních důvodů povinni brát zřetel

na okrajové podmínky při provádění. Jiskrová zkouška se smí provádět v interiéru i exteriéru v rozsahu pracovních teplot 0–35 °C, ale je zakázáno realizovat zkoušku ve vlhkém prostředí, na oroseném povrchu, při výskytu mlhy a za deště.

Pracovní postup jiskrové zkoušky:

- a) pomocí regulátoru nastavte požadované napětí dle typu hydroizolace,
- b) zvolte příslušný typ elektrody a osad'te ji na poroskop,
- c) zapínačem přístroj zapněte,
- d) nyní proveďte samotnou zkoušku tažením elektrody poroskopu po hydroizolačním povlaku,
- e) v případě výskytu poruchy, vypínačem vypněte poroskop, označte poškozené místo a ve zkoušce pokračujte opětovně od bodu c),
- f) pro ukončení zkoušky vypínačem vypněte poroskop.

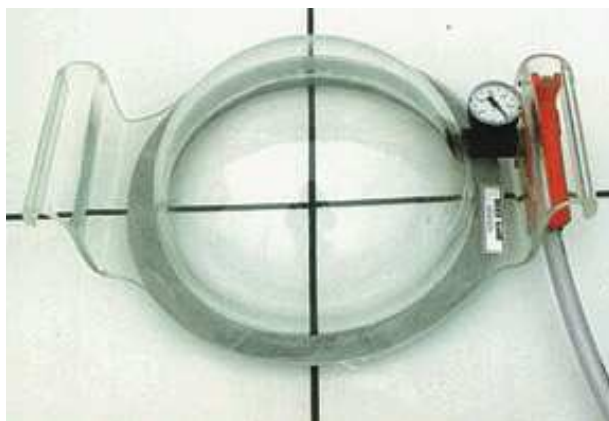
Tab. 4 Jiskrová zkouška – shrnutí

Předmět kontroly	<ul style="list-style-type: none"> - zpravidla vybraná místa v ploše střechy buď namátkově nebo cíleně v případě již projevené poruchy - zcela výjimečně se kontrola provádí celoplošně
Termín kontroly	<ul style="list-style-type: none"> - kontrolně v průběhu realizace dle potřeby - po ukončení realizace při předávání díla - v době užívání pro odhalení příčin vzniklých poruch
Kontrolor	<ul style="list-style-type: none"> - vedoucí pracovník realizační firmy pro vlastní kontrolu - při předávání díla nebo dílčích úseků zástupce realizační firmy s investorem nebo jeho technickým dozorem - v případě provádění zkoušky v době užívání může zkoušku provádět pracovník nezávislé firmy pohybující se v této oblasti
Výstup kontroly	<ul style="list-style-type: none"> - protokol o provedení zkoušky - zápis ve stavebním deníku

3.5 Vakuová zkouška spojů

Vakuová zkouška se provádí v souladu s ustanoveními ČSN EN 1593 Nedestruktivní zkoušení - Zkoušení těsnosti - Bublínková metoda [25].

Tato zkouška je určena k zjišťování těsnosti spojů především na povlakových krytinách plochých střech ze syntetických hydroizolačních fólií. Vakuová zkouška je realizována prostřednictvím podtlakových průhledných zvonů (obr. 12), které jsou dnes již vyráběny v mnoha různých tvarech (obr. 13) pro odzkoušení spoje jak v ploše střechy, tak v různých detailech jako jsou např. rohy nebo kouty. Tyto průhledné zvony obsahují na spodním okraji speciální lem pro vzduchotěsné ohraničení zkoušené oblasti a jsou opatřeny manometrem. Podtlak ve zkoušeném prostoru se vytváří za pomoci vývěvy, která je napojena na zvon. Rozsah pracovní teploty pro vakuovou zkoušku je ideálně 5–50 °C.



Obr. 12 Zkušební podtlakový zvon [12]



Obr. 13 Zkušební zvon pro testování horních koutů atik [12]

Podstata vakuové zkoušky je odsátí vzduchu ze zvonu, který umísťujeme na zkoušeném spoji a vytvoření tak podtlaku pro prověření těsnosti spoje. Jestliže se ve zkoušené oblasti nachází jakákoli netěsnost, je odhalena prostřednictvím podtlaku, který skrze defekt odsává vzduch z prostoru pod hydroizolací. Protože nejsme schopni pouhým okem zachytit toto odsávání vzduchu skrze netěsnosti v hydroizolaci, musíme zkoušenou oblast na povrchu opatřit vhodným detekčním roztokem např. mýdlovou vodou nebo saponátovým roztokem, který přesně ozřejmí defektní místo v hydroizolaci tvorbou bublin (obr. 14). Pro ještě zřetelnější detekci, lze roztok obarvit barvivem. Výběr detekčního roztoku nemůže být univerzální, ale je třeba přihlídnout ke každé konkrétní situaci. Detekční roztok musí být v první řadě vybírán podle materiálu zkoušeného hydroizolačního povlaku, se kterým musí být kompatibilní. Dále musí být roztok netěkavý, viskózní, při sníženém tlaku nesmí pěnit a během zkoušky nesmí docházet k zasychání roztoku.



Obr. 14 Tvorba bublin v porušeném místě hydroizolace [15]

Realizace vakuové zkoušky spojů je následující. Z povrchu zkoušené oblasti se odstraní veškeré nečistoty a poté se zde aplikuje detekční roztok (obr. 15). Na hydroizolaci se umístí příslušný podtlakový zvon tak, aby zkoušená oblast ležela centrálně vzhledem k ose zvonu, který se propojí s vývěvou (obr. 16). Při zkoušení většího úseku spoje se posunuje zvon po jednotlivých úsecích s přesahem zkoušených oblastí cca 10 cm. Spuštěním vývěvy se vytvoří ve zvonu příslušný podtlak dle typu hydroizolačního pásu (nejčastěji 0,02 MPa) kontrolovatelný prostřednictvím manometru. Pokud po dobu 30 sekund nedochází k poklesu podtlaku a k tvorbě bublin, považuje se oblast za těsnou. V opačném případě, kdy dochází k tvorbě bublin, prohlašujeme místo za defektní. Je nutné ho označit a provést potřebné kroky k řádné nápravě.



Obr. 15 Aplikace detekčního roztoku [20]



Obr. 16 Umístění podtlakového zvonu [20]

Tato metoda je časově velmi náročná a pracná. Z těchto důvodů ji používáme pouze k namátkovým zkouškám těsnosti hydroizolace. V praxi se vakuová zkouška pro rozsáhlé plochy nebo celé střechy nepoužívá a provádí se pouze na kratších úsecích, na spojích v rozsahu asi 5 % a na spojích vytvořených z více dílčích kusů hydroizolačního povlaku, např. T-spojích. Vakuová zkouška se běžně používá jako doplňková k jiným zkušebním metodám.

Tab. 5 Vakuová zkouška spojů – shrnutí

Předmět kontroly	<ul style="list-style-type: none"> - spoje hydroizolace v ploše střechy (obr. 17) a při použití tvarovaných zvonů také v detailech, např. rohy, kouty (obr. 18) - kromě spojů i oblasti v ploše s podezřením na perforaci
Termín kontroly	<ul style="list-style-type: none"> - po dostatečném vytvrdnutí svařeného spoje - před pokládkou vrstev, které překrývají hydroizolační povlak
Kontrolor	<ul style="list-style-type: none"> - zpravidla vedoucí pracovník realizační firmy pro vlastní potřebu
Výstup kontroly	<ul style="list-style-type: none"> - zápis o provedení zkoušky ve stavebním deníku - protokol o provedení zkoušky dle ČSN EN 1593 [25]



Obr. 17 Vakuová zkouška v ploše střechy [4]



Obr. 18 Vakuová zkouška rohovým zvonem [4]

3.6 Tlaková zkouška spojů

Tlaková zkouška spojů je určena pro testování funkčnosti dvoustopých svarů. Dvoustopé svary se vytváří za použití svařovacích automatů (obr. 19), které pro tento účel obsahují speciální dvojitou trysku. Pomocí těchto automatů vytvoříme dvoustopý svar s mezilehlým zkušebním kanálkem umístěným mezi jednotlivými svary.



Obr. 19 Svařovací automat LEISTER TWINNY T [22]

Velkou výhodou tlakové zkoušky je provedení testu dvoustopého svaru v celé jeho délce v jedné operaci. Pro provedení zkoušky potřebujeme mít k dispozici zkušební tlakovou jehlu (obr. 20) opatřenou manometrem a koncovkou pro přívod vzduchu. Zkušební jehlou se na jednom konci spoje perforuje horní hydroizolační pás a jehla se umístí do zkušebního kanálku (obr. 21). V místě perforace je kanálek prostřednictvím jehly uzavřen vzduchotěsně. Druhý konec zkušebního kanálku musí být taktéž vzduchotěsně uzavřen např. příčným svarem nebo svorkovacím zařízením. Skrze zkušební jehlu, která je dutá, vháníme do zkušebního kanálku vzduch kompresorem, až dosáhneme požadovaného zkušebního tlaku. Hodnota zkušebního tlaku se stanovuje podle materiálu zkoušené hydroizolace, tloušťky pásů, šířky zkušebního kanálku, teploty okolí a povrchu hydroizolace. Řádově se zkušební tlak pohybuje v rozmezí stovek kPa respektive v barech. Po ověření požadovaného tlaku na manometru začíná běžet přibližně 5-ti minutový interval sloužící pro dotvarování spoje a vyrovnání teploty zkušebního vzduchu s okolím. Následuje samotná zkušební doba trvající 10 minut, po kterou se sleduje stabilita zkušebního tlaku na manometru.



Obr. 20 Zkušební tlaková jehla LEISTER [22]



Obr. 21 Instalace jehly do zkušebního kanálku dvoustopého svaru [22]

Zkoušený spoj prohlásíme za těsný v případě, že během zkušební doby dochází k poklesu tlaku ve zkušebním kanálku o maximálně 10 %. Po uplynutí zkušební doby ověříme průchodnost celé délky spoje a tím i korektnost prováděné zkoušky otevřením druhého konce spoje, kde musí dojít k jednorázovému vypuštění vzduchu ze zkušebního kanálku a k poklesu tlaku na nulu.

Jako všechny ostatní i tlaková zkouška má své omezení a úskalí. Lze ji provádět pouze na svarech, které jsou dostatečně vytvrzené, což je nejdříve za zhruba jednu hodinu po jejich provedení. Realizaci zkoušky je nutné také odložit v případě, že teplota hydroizolačního povlaku je vyšší než 60 °C. Dále je nutné zmínit nulový význam tlakové zkoušky pro plochu střešního pláště a fakt, že použití tlakové zkoušky na spojích konstrukčních detailů je výrazně omezeno, protože tyto detaily jsou ve většině případů opracovány jednostopým svarem, pro který je tato zkouška nepoužitelná.

Tab. 6 Tlaková zkouška spojů – shrnutí

Předmět kontroly	- pouze dvoustopé svary se zkušebním kanálkem
Termín kontroly	- po řádném vytvrnutí svaru (cca 1 hodina) - před pokládkou vrstev, které překrývají hydroizolační povlak
Kontrolor	- při předávání díla nebo dílčích úseků zástupce realizační firmy s investorem nebo jeho technickým dozorem
Výstup kontroly	- zápis o provedení zkoušky ve stavebním deníku - protokol o provedení zkoušky

3.7 Dýmová zkouška

Dýmová zkouška byla vynalezena švédskou firmou TRELLEBORG a často bývá alternativně nazývána svým původním názvem Mataki test. Zkouška se používá jak pro fóliové hydroizolace, tak také pro jednovrstvé asfaltové hydroizolační povlaky prováděné systémem mechanického kotvení případně volně ložené a následně překryté stabilizační vrstvou. Z důvodu absence štěrbiny pod hydroizolací je tato zkouška nepoužitelná u stěrkových hydroizolací. Podstatou dýmové zkoušky je vhánění studeného, obarveného a ekologicky nezávadného kouře do prostoru pod hydroizolační povlak. Dýmovou zkouškou se odhalí netěsnosti o velikosti cca 10 mm a více jako např. mechanické poškození, nedostatečně opracované detaily, nekvalitně provedené spoje, které se vizuálně projeví únikem dýmu skrze tento defekt.

Pro realizaci dýmové zkoušky musí být splněny následující podmínky:

- volně ložený hydroizolační povlak nesmí být zakryt stabilizační vrstvou,
- maximální plocha zkoušené oblasti pro provedení dýmové zkoušky je 300 m², v případě realizace zkoušky na střeše o větší plošné výměře musí dojít k rozdělení plochy na sektory (nejběžněji se používají sektory o velikosti 100–200 m²),
- u hydroizolačních fólií se sektory vytváří pritížením fólie různými předměty,
- sektorování hydroizolačních asfaltových pásů je zpravidla zajištěno propojením s podkladní vrstvou vyteklou asfaltovou hmotou při provádění průběžných spojů jednotlivých pásů (v případě potřeby je možno sektory vytvořit stejným způsobem jako u hydroizolačních fólií),

- z povrchu zkoušené oblasti musí být odstraněny všechny volně ležící předměty,
- teplota prostředí musí být vyšší než 0 °C,
- spodní plášť střešní konstrukce musí být vzduchotěsně uzavřen např. monolitickou stropní konstrukcí nebo parotěsnou vrstvou,
- všechny související konstrukce, především klempířské, musí být utěsněny, aby skrze ně nedocházelo k úniku dýmu.

Zkouška se provádí speciálním přístrojem (obr. 22) obsahujícím manžetu, spojovací hadici, kompresor a výrobník dýmu.



Obr. 22 Přístroj pro dýmovou zkoušku [6]

Ve zkoušené oblasti se nejprve provede naříznutí hydroizolace pro vsunutí manžety přístroje. Manžeta se navaří na hydroizolační pás a tím zajistíme vzduchotěsné propojení mezi přístrojem a prostorem pod hydroizolační vrstvou. Poté se přes spojovací hadici a manžetu začne do tohoto prostoru kompresorem vhánět obarvený dým. Po dosažení dostatečného tlaku, který se projeví vydutím hydroizolační vrstvy, se uskutečňuje pečlivá vizuální kontrola povlakové hydroizolace ve zkoušeném sektoru. Pokud jsou objeveny jakékoli netěsnosti indikované únikem dýmu, musí být řádně označeny a následně předány k opravě. Doba trvání zkoušky se pohybuje v rozmezí 15–20 minut. Zkoušku ukončíme vytažením manžety ze štěrbin v hydroizolaci, čímž způsobíme vypuštění dýmu ze střešního pláště a následným vodotěsným zaslepením štěrbin.

Tab. 7 Dýmová zkouška – shrnutí

Předmět kontroly	- povlaková hydroizolace v celé ploše včetně spojů a opracování detailů (omezení: maximální plocha zkoušené oblasti je 300 m ²)
Termín kontroly	- po ukončení realizace střešního pláště - před pokládkou vrstev, které překrývají hydroizolační povlak
Kontrolor	- zpravidla pracovník expertní firmy pohybující se v této oblasti
Výstup kontroly	- zápis o provedení zkoušky ve stavebním deníku - protokol o provedení zkoušky

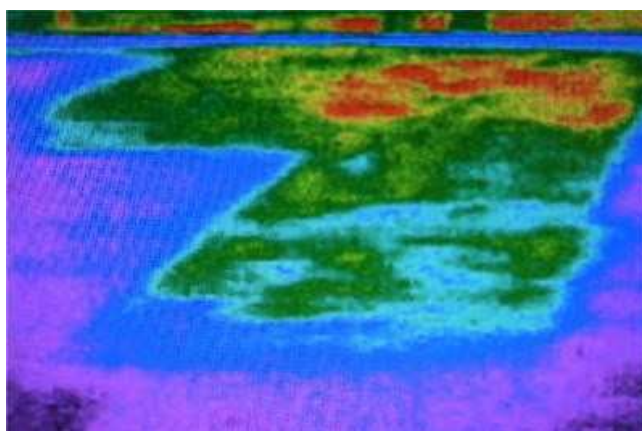
3.8 Termografická defektoskopie

Základní myšlenkou termografické defektoskopie střešních plášťů je, že prostup tepla tepelnou izolací v mokřém stavu je vyšší než u izolace suché. Pro účely této zkoušky se používá tzv. bezkontaktní termografie, někdy také nazývána jako termovize, kterou řadíme mezi obory termodiagnostiky a můžeme ji definovat jako bezkontaktní měření povrchové teploty na různých předmětech s využitím neviditelného infračerveného záření. Zařízení nutné pro provedení termografického snímku (termogramu) a tudíž pro realizaci termografické defektoskopie je termovizní kamera (obr. 23).



Obr. 23 Termovizní kamera FLIR T335 [1]

Samotná realizace termografie střešního pláště probíhá souběžně s vyhodnocováním jednotlivých termogramů (obr. 24) a označováním ploch (obr. 25) s mokrou tepelnou izolací projevující se na snímcích vyšší povrchovou teplotou. Obecně se termografické měření ideálně provádí s určitým odstupem od snímaného předmětu a s termovizní kamerou namířenou kolmo na objekt. U plochých střech je tento odstup možný jen sporadicky a tudíž se snímání ve většině případů provádí z povrchu vlastního střešního pláště. Tato skutečnost ovlivňuje přesné ohraničení promočené oblasti, avšak pro účely termografické defektoskopie je toto ovlivnění zcela irelevantní a tudíž termogramy takto pořízené jsou zcela vyhovující pro odhalení poškozené oblasti.



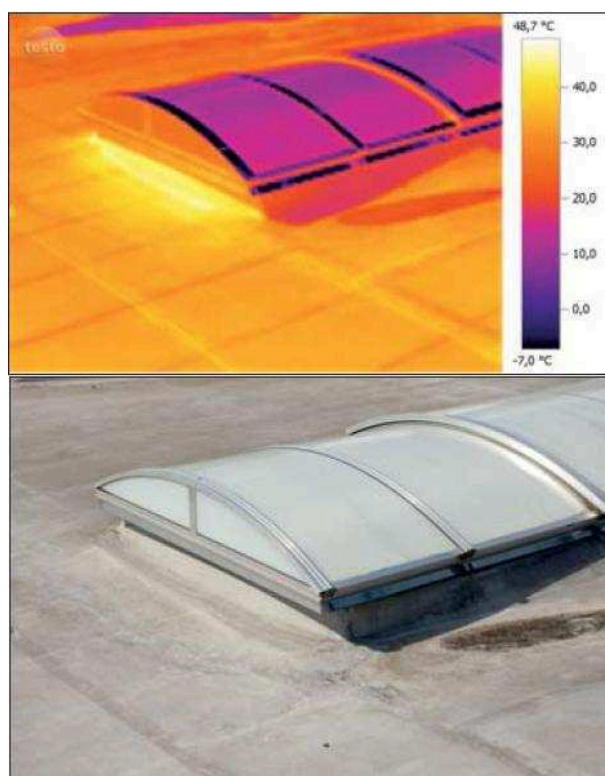
Obr. 24 Termogram poškozené oblasti [7]



Obr. 25 Označení poškozené oblasti [7]

Metoda termografické defektoskopie se u plochých střech nad vytápěným prostorem nejvýhodněji používá v obdobích s nízkými teplotami tzv. topné sezóně. V oblastech střešního pláště s mokrou tepelnou izolací dochází k výraznějšímu úniku tepla než v oblastech, kde není tepelná izolace degradována vodou, což se na termogramu jednoznačně

projeví. Termografická zkouška je proveditelná i v letních měsících nad nevytápěnými prostory (obr. 26). Snímkování se v letních měsících provádí ve večerních hodinách, kdy poškozená místa s mokrou tepelnou izolací jsou na snímku zobrazena jako teplejší z důvodu vyšší akumulace tepla, které pohltila během dne ze slunečního záření. Poškozená oblast je poté označena a předána k opravě. Samozřejmostí je odstranění jakýchkoli vrstev (stabilizační vrstva, vrstva sněhu) a předmětů z povrchu hydroizolačního povlaku před prováděním termografické defektoskopie.



Obr. 26 Letní termografie [3]

Tab. 8 Termografická defektoskopie – shrnutí

Předmět kontroly	- povlaková hydroizolace bez zřetele na výskyt spojů, pod níž se nachází tepelná izolace
Termín kontroly	- zpravidla v době užívání v případě výskytu poruchy střešního pláště - v zimních měsících nad vytápěnými prostory - v letních měsících nad vytápěnými i nevytápěnými prostory
Kontrolor	- zpravidla pracovník expertní firmy pohybující se v této oblasti
Výstup kontroly	- protokol o provedení zkoušky

3.9 Pulzní elektromagnetická metoda

Detekce defektů povlakové hydroizolace se provádí vytvořením elektromagnetického pole prostřednictvím generátoru. Tato zkouška je limitována dvěma základními podmínkami. První je nutnost zatopení plochy střešního pláště v oblasti zkoušky z důvodu nemožnosti provádění pulzní elektromagnetické metody na nezatopených plochách. Druhá podmínka se vztahuje k samotné povlakové hydroizolační vrstvě, která musí být provedena z nevodivého materiálu. V České Republice je tato metoda známá pouze velmi okrajově a téměř se neprovádí.

3.10 Impedanční defektoskopie

Impedanční defektoskopie patří mezi metody zjišťující vlhkostní poměry v konstrukci pod jejím povrchem. Své uplatnění nachází především při provádění kontrol hydroizolací na plochých střechách, ale je možné ji také využít na kontaktních zateplovacích systémech obvodových plášťů nebo na podlahách na terénu. V tomto textu se nadále budu věnovat pouze impedanční defektoskopii v rámci provádění kontrol hydroizolací na plochých střechách.

Impedanční defektoskopie je v rámci České Republiky nová metoda provádění kontroly vodotěsnosti povlakových hydroizolací na plochých střechách, která se k nám dostala teprve roku 2011. Jedná se o metodu nedestruktivní a sofistikovanou, pomocí které se zjišťuje vlhkostní stav materiálů pod povlakovou hydroizolací bez nutnosti mechanického narušení vodotěsnosti pláště např. sondami. Prostřednictvím této metody dokážeme stanovit rozsah případných oprav nebo výměn materiálů ve skladbě ploché střechy bez nutnosti jakéhokoli zásahu do hydroizolace a vrstev pod ní.

Podstatou impedanční defektoskopie je měření elektrické impedance ve vrstvách pod povlakovou hydroizolací, především pak v tepelné izolaci popřípadě v prostoru mezi jednotlivými vrstvami vícevrstvého hydroizolačního povlaku. Impedance je komplexní veličina popisující zdánlivý odpor součástky a fázový posuv napětí proti proudu při průchodu harmonického střídavého elektrického proudu dané frekvence [23]. Na základě zjištěných impedančních hodnot se stanoví relativní průběh objemové nebo hmotnostní vlhkosti

materiálů pod hydroizolací. Výstupem zkoušky tedy nejsou přesné hodnoty obsahu vlhkosti v konstrukci, ale hodnoty komparativní.

3.10.1 Rozdělení impedanční defektoskopie

Dle postupu provádění rozdělujeme impedanční defektoskopii do dvou základních kategorií:

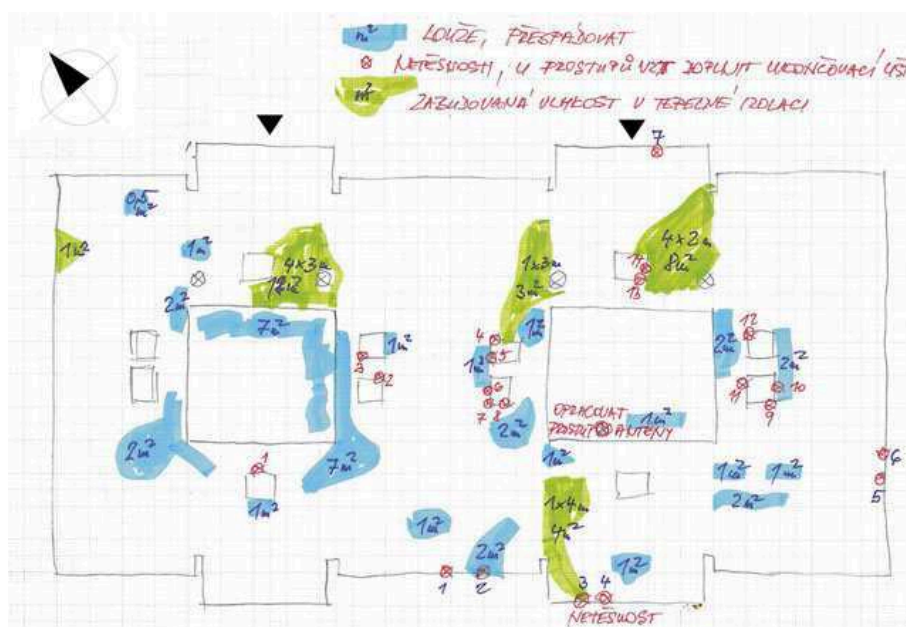
- a) Analytická impedanční defektoskopie.**
- b) Deduktivní impedanční defektoskopie.**

Ad a) Analytická impedanční defektoskopie

Jedná se o systematické a důkladné provádění měření na celé ploše střešního pláště. Hlavní využití analytické impedanční defektoskopie je při předávání díla realizační firmou investorovi. Princip spočívá v převedení naměřené elektrické impedance na hodnoty komparativní a díky těmto hodnotám zjistíme údaje o rozložení relativní vlhkosti pod povlakovou hydroizolací. Jako výstup z tohoto měření se zpracovává tzv. vlhkostní mapa (obr. 27 a 28). Vlhkostní mapa zachycuje vlhkostní stav zkoumaného střešního pláště s vyznačením jednotlivých zón s rozdílnou relativní vlhkostí a případně zde můžou být zaznamenány i zjištěné netěsnosti nebo mechanické poškození hydroizolace. Tato vlhkostní mapa se v praxi zpracovává dvěma způsoby. Buď prostřednictvím počítačových programů (obr. 27), a to z důvodu časové náročnosti a vyšších nákladů zpravidla jen v případě provádění průzkumu na rozsáhlejších střešních pláštích nebo významných stavbách. Anebo, u menších střech, se provádí méně náročná a ekonomičtější varianta zpracovaná ručně (obr. 28). Co se týká vypovídací schopnosti o stavu hydroizolace a vlhkostním stavu kontrolované střechy, jsou si obě tyto varianty zpracování vlhkostní mapy rovny. Na základě provedeného průzkumu a zpracované vlhkostní mapy jsme schopni odhalit místa pravděpodobného zdroje zatékání. Dále jsme také schopni určit oblasti střešního pláště, ve kterých bude muset dojít k demontáži podkladních vrstev, především tepelné izolace, z důvodu ztráty jejich funkčnosti. Pro zpřesnění výsledků analytické impedanční defektoskopie se doporučuje provést odběr několika sond a následně stanovit hmotnostní vlhkost odebraného materiálu gravimetrickou metodou.



Obr. 27 Vlhkostní mapa střešního pláště zpracovaná v CAD systému [8]



Obr. 28 Vlhkostní mapa střešního pláště zpracovaná ručně [19]

Stanovení vlhkosti odebraných vzorků probíhá u gravimetrické metody jejich vysušením do ustálené hmotnosti. Při analytické impedanční defektoskopii provádíme odběr jen omezeného počtu sond, a tudíž zde mluvíme o tzv. doplňkové gravimetrické metodě. Ve srovnání s komplexním průzkumem střechy pomocí gravimetrické metody je doplňková gravimetrická metoda podstatně omezena a zjednodušena a to jak v provádění, tak ve výsledcích průzkumu. U doplňkové gravimetrické metody dochází k odběru výrazně nižšího počtu sond, což má své výhody především z hlediska těsnosti hydroizolace a následných oprav v místech těchto odběrů. Ovšem co se týká výsledků doplňkové

gravimetrické metody, hodnoty hmotnostní vlhkosti jednotlivých vzorků jsou pouze orientační a přibližné. Avšak i tyto přibližné hodnoty spolu s výsledky analytické impedanční defektoskopie umožňují stanovit míru vlhkosti v konstrukci a určit, zda se jedná o vlhkost nadlimitní nebo přípustnou. Za vlhkost nadlimitní považujeme takový stav, kdy dochází vlivem vlhkosti k degradaci jednotlivých vrstev střešního pláště nebo k výraznému zhoršení jejich tepelnotechnických vlastností. Především jde o zvýšení hodnoty součinitele prostupu tepla u tepelné izolace střechy.

Ad b) Deduktivní impedanční defektoskopie

Deduktivní impedanční defektoskopie je velice efektivní metoda určená pro cílené vyhledání konkrétního místa zdroje vlhkosti. Pomocí příslušného přístroje se provádí průzkum od zjištěného vlhkého místa po trase směrem k oblastem s vyšší relativní vlhkostí až do místa s relativní vlhkostí nejvyšší, kde se zpravidla nachází zdroj zatékání. Takovéto místo se podrobí důkladné vizuální prohlídce pro nalezení případných poruch a netěsností. Tuto metodu provádíme prostřednictvím vlhkoměru nebo vlhkostního detektoru a používáme ji pro vyhledání původce projevu konkrétní vlhkostní poruchy. Hlavní využití této metoda nachází na střechách provozních (pochůzných, pojízdných, zelených), inverzních anebo na střechách se stabilizační vrstvou. V případě deduktivní impedanční defektoskopie se tyto vrstvy střešního pláště, které se nacházejí nad hydroizolačním povlakem, nemusí odstraňovat v celé ploše střechy, což by bylo časově velmi náročné a pro investora také velmi nákladné. Odstranění se provádí pouze na předem určených místech, kde bude realizován průzkum (obr. 29).



Obr. 29 Odstranění stabilizační vrstvy ve zkoušené oblasti [10]

Často také deduktivní defektoskopie navazuje na defektoskopii analytickou, kde se v daných vlhkostí postižených oblastech zřejmých z vlhkostní mapy provádí deduktivní měření pro zjištění konkrétního místa zdroje vlhkosti.

3.10.2 Přístroje pro impedanční defektoskopii

Měřicí přístroje, které jsou zapotřebí pro realizaci této metody kontroly hydroizolace, se obecně nazývají příložné impedanční vlhkoměry. Tyto vlhkoměry pracují právě na principu výše zmíněné elektrické impedance. Na trhu je k dostání celá řada impedančních vlhkoměrů, avšak pro provádění impedanční defektoskopie na plochých střechách se používají následující dva typy:

- impedanční defektoskop DEC SCANNER (obr. 30) – přístroj s pojezdem vhodný pro střechy větších rozměrů,
- vlhkostní detektor RWS (obr. 31) – ruční přístroj vhodný pro stěny, střechy menších rozměrů a lokální průzkumy.



Obr. 30 Impedanční defektoskop DEC SCANNER [14]



Obr. 31 Vlhkostní detektor RWS [21]

Přístroje obsahují na spodní straně elektrody, mezi nimiž se vytváří střídavé elektrické pole a dochází zde k přenosu signálu o nízké frekvenci. Signál proniká ve stavebních materiálech střešního souvrství do určité hloubky, která se odvíjí od objemové hmotnosti daného materiálu. Hloubka se pohybuje u tepelných izolací v rozmezí 60–100 mm a u betonových podkladů v rozmezí 20–30 mm. Změna množství vlhkosti v konstrukci způsobí změnu elektrické impedance, na níž nepřímo úměrně závisí proud protékající mezi elektrodami. Jestliže v průběhu realizace zkoušky dojde k vychýlení ručičky na přístroji, musí se na tomto místě provést podrobnější průzkum, neboť se může jednat o oblast s vlhkostní anomálií. Tyto přístroje jsou schopny zachytit i sebemenší množství vlhkosti v kontrolované oblasti, např. kondenzát na spodní straně hydroizolace nebo vlhkost absorbovanou tepelnou izolací. Proto jsou tyto přístroje opatřeny regulátorem citlivosti a kontrolor musí mít stále na paměti, že vlhkostní anomálie nemusí nutně znamenat výskyt vody v podobě louží nebo jiných velkých ložisek.

3.10.3 Postup provádění impedanční defektoskopie

a) Požadavky na vnější podmínky

Aby impedanční defektoskopie byla schopna odhalit případné poruchy povlakové hydroizolace, musí před samotnou zkouškou dojít ke smočení vrchního líce střešního pláště. Z toho důvodu je nutné, aby oblast, kde bude zkouška probíhat, byla vystavena přirozenému nebo umělému dešti po dobu přibližně 24 hodin. Déšť můžeme alternativně nahradit zatopením zkoušené oblasti vodou na dobu přibližně dvou hodin. Po smočení střešního pláště se musí dodržet minimálně 12-ti hodinový interval bez dotace vody na střešní plášť, ve kterém dochází k osychání povrchu hydroizolace. Tento povrch musí být zcela suchý po celou dobu provádění defektoskopie, aby nedocházelo vlivem elektrické vodivosti vody ke zkreslení výsledků zkoušky, tudíž se zkouška nesmí provádět za deště, mrholení nebo sněžení.

Impedanční defektoskopii omezují také teplotní limity. Z důvodu přeměny skupenství vody z kapalné na pevnou složku, čímž může být následně ovlivněn výsledek měření, se impedanční defektoskopie musí provádět při teplotách vnějšího prostředí vyšších než 4 °C. Abychom samotným pohybem po povlakové hydroizolaci nezpůsobili její mechanické poškození, není vhodné zkoušku provádět pod teplotami ohybu dané povlakové hydroizolace.

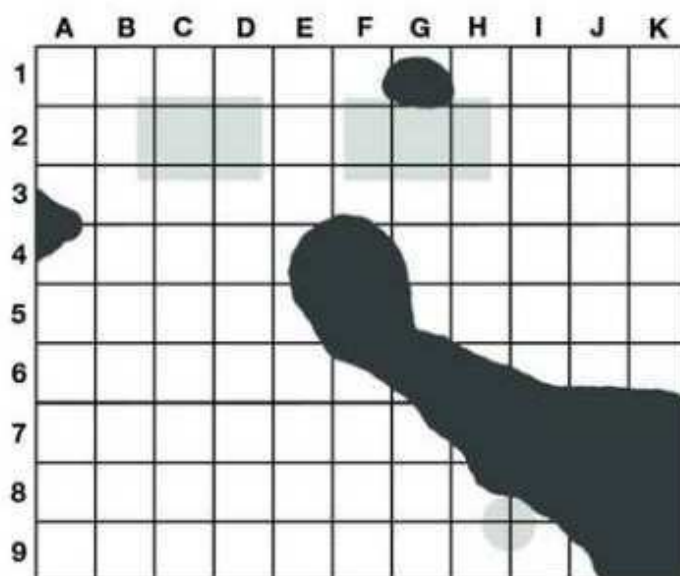
b) Požadavky na povrch střešního pláště

Z povrchu povlakové hydroizolace musí být odstraněny veškeré nečistoty a volně ležící předměty, zvláště pak vlhké nečistoty jako např. listí ze stromů, které by mohlo ovlivnit měření. V případě střech, kde hydroizolace tvoří horní vrstvu střešního pláště, musí být tyto vrstvy nad hydroizolací odstraněny v míře potřebné pro provedení defektoskopie.

Impedanční defektoskopie je neproveditelná na materiálech, které jsou elektricky vodivé. Z této skutečnosti vyplývá omezení pro asfaltové pásy s kovovou výztužnou vložkou, na kterých je impedanční defektoskopie nerealizovatelná. Díky dostatečné ploše elektrod na spodní straně defektoskopu je možné defektoskopii provádět i za přítomnosti mechanických kotev bez ovlivnění výsledků.

c) Náčrt střechy

V této fázi přípravy je vhodné si nachystat schéma konstrukce střechy v půdorysném náčrtu se zakreslením všech prostupů, světlíků, výklenků a jiných důležitých konstrukcí prostupujících střešní rovinou (viz obr. 32). Do tohoto náčrtu se zanesou vhodná souřadná síť s velikostí ok dle rozměrů střechy a místních podmínek, nejčastěji 1x1 m nebo 2x2 m. Následně se tato souřadná síť zaznamená i na povrch samotného střešního pláště např. křídou. Síť umožňuje kontrolorovi snadněji a přesněji přenášet zjištěné vlhkostní anomálie ze střešního pláště do náčrtu střechy.



Obr. 32 Část náčrtu střechy se souřadnou sítí [9]

d) Nastavení přístroje

Přístroj se musí před započítím samotné zkoušky vhodně nastavit na konkrétní místní podmínky. Samotný postup nastavení jednotlivých přístrojů může být lehce odlišný v závislosti na typu měřidla. Podstatné je na přístroji nastavit vhodnou citlivost a vhodný režim dle příslušného typu povlakové hydroizolace.

Nyní je vše připraveno k zahájení samotné zkoušky, a to buď metodou analytické, nebo deduktivní impedanční defektoskopie.

e) Realizace analytické impedanční defektoskopie

Při analytické impedanční defektoskopii se mapuje vlhkostní stav střešního pláště v rozsahu celé plochy (viz obr. 33). Proto se při provádění měření postupuje systematicky zpravidla po pásích o šířce membrány umístěné na spodní straně přístroje. Při zjištění vlhkostních anomálií se všechny naměřené hodnoty zapisují do připraveného půdorysného náčrtu střechy a podle těchto naměřených hodnot a výsledného náčrtu se sestaví vlhkostní mapa. Dle vlhkostní mapy se v místech se zvýšenou relativní vlhkostí provede řádná vizuální prohlídka za účelem odhalení případných poruch hydroizolace v dané oblasti, které mohou být zdrojem zatékání do souvrství střešního pláště. V oblastech se zvýšenou relativní vlhkostí se pro kontrolu provádí následné odběry sond pro určení hmotnostní vlhkosti materiálu gravimetrickou metodou.



Obr. 33 Realizace impedanční defektoskopie [8]

f) Realizace deduktivní impedanční defektoskopie

Deduktivní impedanční defektoskopie nezkoumá střešní plášť celoplošně, ale zaměřuje se pouze na vybrané oblasti, ve kterých hledá poruchu hydroizolace způsobující konkrétní vlhkostní problém.

Metoda se zpravidla praktikuje při výskytu průsaků na spodním líci stropní konstrukce v interiéru, kdy se předpokládá příčina průsaků v porušené hydroizolační vrstvě. Zkouška začíná na vnějším povrchu hydroizolace v místě nad příslušným průsakem a pokračuje z tohoto místa směrem, ve kterém přístroj ukazuje vyšší hodnoty relativní vlhkosti. Tímto způsobem se pokračuje v provádění zkoušky až do místa s nejvyšší relativní vlhkostí, kde je možno předpokládat defekt hydroizolace a tudíž i zdroj vlhkostního problému. Pro odhalení případných defektů se v této oblasti následně provede vizuální kontrola hydroizolačního povlaku.

Obdobným způsobem se deduktivní impedanční defektoskopie provádí, pokud navazuje na analytickou impedanční defektoskopii. Rozdíl je pouze v místě zahájení deduktivního měření. V případě navázání deduktivní metody na metodu analytickou se měření zahájí na místě s vysokou relativní vlhkostí, které se zjistí z vlhkostní mapy sestavené při analytické impedanční defektoskopii.

V případě, že v průběhu zkoušky indikuje přístroj vyšší relativní vlhkost ve více směrech, je nutné provést deduktivní měření všemi těmito směry. Pokud se na jednom střešním plášti objeví více vlhkostních problémů je v takovém případě nutné provést příslušný počet deduktivních defektoskopií dle množství těchto problémů. Během měření se opět provádí zaznamenávání naměřených hodnot do připraveného schématu s následným vyhodnocením vlhkostního stavu střešního pláště.

g) Návrh opravy

Na závěr příslušný odborník na základě naměřených hodnot navrhne rozsah a způsob provedení potřebných oprav poškozených vrstev střešního pláště.

Zmíněná fáze je již samostatným procesem a do samotné impedanční defektoskopie jako takové nepatří. Nicméně je nutné ji zde zmínit, neboť celá defektoskopie se provádí právě

za účelem případné opravy poškozeného hydroizolačního povlaku a výměny degradovaných vrstev střešního pláště.

Tab. 9 Impedanční defektoskopie – shrnutí

Předmět kontroly	<ul style="list-style-type: none"> - povlaková hydroizolace v ploše střechy včetně spojů - svislé plochy opracované hydroizolací (např. atika) - vrstvy střešního pláště pod hydroizolací, především tepelná izolace
Termín kontroly	<ul style="list-style-type: none"> - při předávání díla nebo dílčích celků - v době užívání v případě výskytu poruchy střešního pláště
Kontrolor	<ul style="list-style-type: none"> - specializovaný pracovník expertní firmy
Výstup kontroly	<ul style="list-style-type: none"> - zápis o provedení zkoušky ve stavebním deníku - protokol o provedení zkoušky - vlhkostní mapa

4 Poruchy hydroizolace plochých střech a jejich sanace

4.1 Poruchy povlakové hydroizolace způsobené nekvalitním provedením

Většina poruch střešních pláštíů vznikající již při provádění samotného střešního souvrství jsou způsobeny právě nekvalitním kladením povlakových hydroizolací z asfaltových pásů, folií nebo stěrkových materiálů. Tyto poruchy jsou způsobeny neznalostí technologických postupů nebo nedbalostí při realizaci.

4.1.1 Poruchy vyskytující se při aplikaci asfaltových pásů nebo folií

- a) Nedostatečné vzájemné slepení dvou na sobě položených asfaltových pásů.
- b) Nedostatečné slepení nebo svaření spojů dvou sousedních asfaltových pásů nebo folií.
- c) Zvlňování povlakové hydroizolace z asfaltových pásů.
- d) Poruchy u střešních vtoků:
 - nesprávné napojení hydroizolačních pásů na střešní vtok,
 - chybné výškové osazení střešního vtoku,
 - osazení vtoku v blízkosti svislé konstrukce (např. atiky),
 - u dvouúrovňového vtoku neutěsnění spodní úrovně gumovým kroužkem.
- e) Nesprávné spádování střešních rovin.
- f) Použití nedostatečného množství kotvicích prvků u asfaltových pásů nebo folií mechanicky kotvených, případně použití nevhodných, nebo nekvalitních kotev.
- g) Neprovedení spojovacích vrstev ve střešním plášti.

4.1.2 Poruchy vyskytující se při aplikaci stěrkových hydroizolací

- a) Aplikace stěrkové hydroizolace na nevhodný podklad.
- b) Nedodržení dostatečné tloušťky stěrkové hmoty.
- c) Nedodržení stejné tloušťky stěrkové hmoty na celé ploše střechy.
- d) Výztužná tkanina provedena s nedostatečnými přesahy nebo s mezerami.
- e) Výztužná tkanina nedostatečně kryta stěrkovou hmotou.

4.2 Sanace poruch hydroizolační vrstvy plochých střech

Rozsah a způsob provádění sanace hydroizolace ploché střechy se odvíjí od diagnózy poruchy stanovené v expertním posudku. Na základě posudku se zpracuje projektová dokumentace sanace střechy. Projektová dokumentace musí obsahovat technická opatření týkající se stávajícího střešního pláště a přesný návrh skladby materiálů a technologie nově aplikovaných vrstev včetně provádění všech detailů. V projektu také nesmí chybět tepelnětechnické posouzení nového střešního pláště.

Dle typu poruchy hydroizolace ploché střechy provádíme sanaci některým z následujících způsobů.

4.2.1 Oprava defektní hydroizolační vrstvy místním přelepením

Tento typ opravy je možné realizovat u jednoplášťových i dvouplášťových střech, kdy je povlaková hydroizolace jako celek v dobrém stavu a k zatékání do vrstev střešního pláště nebo do interiéru dochází jen ojediněle nebo vůbec ne.

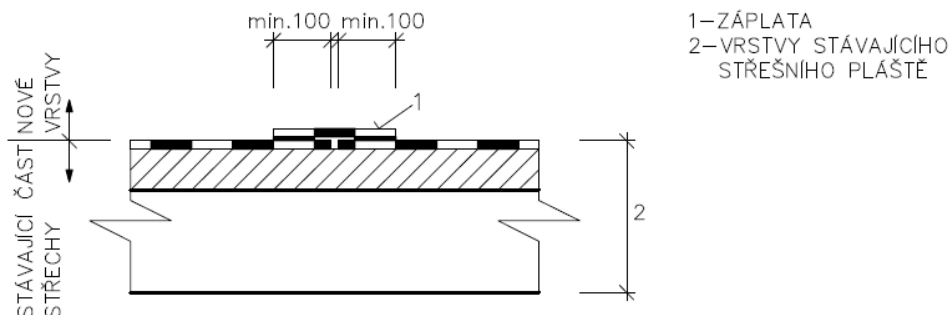
Důvodem k této opravě hydroizolační vrstvy může být zjištěná perforace jinak zcela nepoškozené krytiny. Perforace je nejčastěji způsobena mechanickým poškozením neopatrnou manipulací s ostrými předměty na střešní krytině.

Další důvod pro využití tohoto typu sanace je výskyt charakteristických výdutí menších velikostí na hydroizolaci z asfaltových pásů.

Realizace sanace

Jako první krok si přichystáme záplatu z materiálu shodného s materiálem opravovaným. Záplata musí být minimálně o 100 mm větší na každou stranu, než je poškozené místo. Pokud opravujeme výdutě, tyto nejdříve odřízneme nebo rozřízneme do kříže a jednotlivé části složíme přes sebe. I zde platí přesah záplaty 100 mm na každou stranu od okraje výdutě.

Způsob nalepení záplaty je odvislý od typu materiálu. Ve většině případů se jedná o asfaltové pásy a ty se natavují plamenem a přilepují k podkladu. Výhodné je předem natavit i podklad, aby se případný prach dostal do asfaltové hmoty a nezpůsobil pozdější separaci vrstev.



Obr. 34 Schéma sanace místním přelepením

4.2.2 Opatření defektní hydroizolační vrstvy novou hydroizolační vrstvou

Položení nové hydroizolační vrstvy se provádí v případech, kdy stav stávající povlakové hydroizolace je natolik nevyhovující, že pouze místní opravy přelepením by neměly smysl, ale zároveň je tato hydroizolace ve stavu, kdy není potřeba její kompletní odstranění. Stávající hydroizolace musí být natolik funkční, že nedochází k zatékání do interiéru nebo pouze v minimálním množství. Dále také musíme vědět, že vrstvy střešního pláště pod povlakovou hydroizolací nejsou poškozeny vlhkostí, případně jsou nasáklé do takové míry, že po jejich opětovném vysušení budou opět plně funkční. Pouze za těchto předpokladů lze provádět tento typ sanace.

Realizace sanace

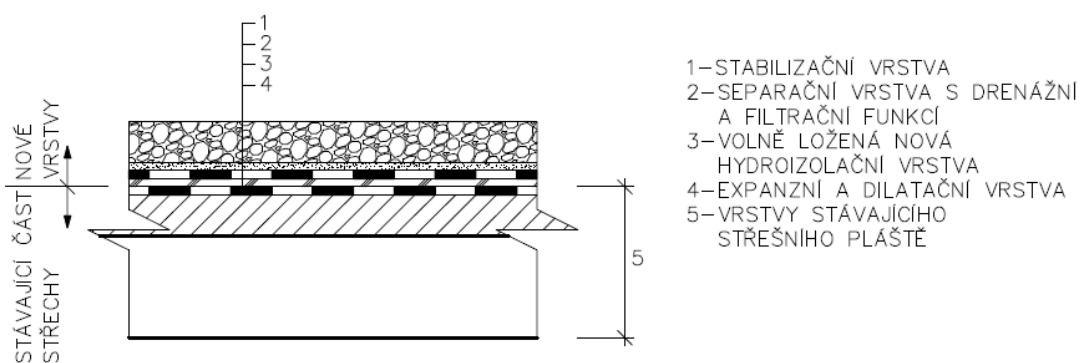
Hlavní myšlenkou a účelem této sanace je obnovit hydroizolační funkci povlakové krytiny a přitom umožnit případné proschnutí stávajících vrstev střešního pláště.

Při realizaci nejprve odřízneme vzniklé výdutě na stávající povlakové krytině a poté provedeme v této hydroizolaci perforace alespoň na 1 % plochy. Tyto perforace jsou důležité pro odchod vodní páry při vysychání vrstev pod hydroizolací. Při pokládání nové hydroizolační vrstvy musíme počítat s těmito vodními párami a umožnit jejich únik do exteriéru. To se zajišťuje vytvořením expanzní a zároveň dilatační vrstvy pod novou povlakovou hydroizolací, která se vyvede podél atik do exteriéru.

Expanzní a dilatační vrstva se vytvoří neplnoplošným přilepením nové povlakové hydroizolace. To se v praxi provádí následujícími způsoby.

a) Volné položení povlakové hydroizolace a zatížení stabilizační nebo provozní vrstvou

Z důvodu omezení účinku vlivu slunce na proces vysušování skrze stabilizační nebo provozní vrstvu, můžeme tuto sanaci použít jen u střešního pláště, jehož stávající vrstvy obsahují pouze velmi malé množství vlhkosti. Dalším omezením je únosnost stávající konstrukce, protože dochází k poměrně vysokému nárůstu stálého zatížení. Mezi další zásady patří vložení separační vrstvy s drenážní a filtrační funkcí pod stabilizační vrstvu.



Obr. 35 Schéma sanace volným položením nové hydroizolace a přitížením stabilizační vrstvou

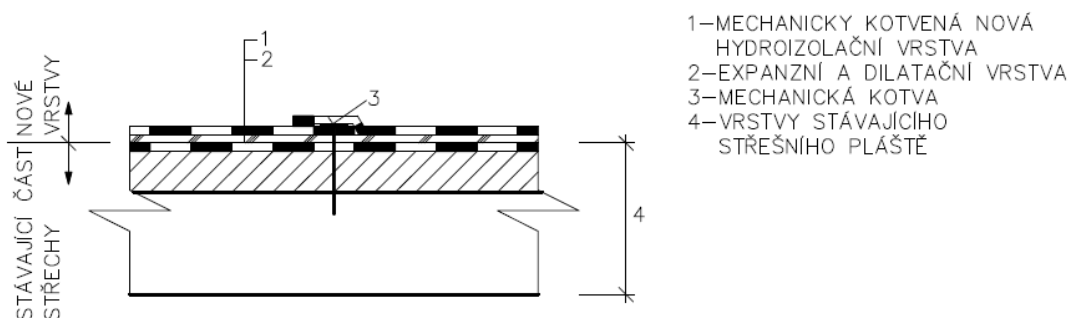
b) Volné položení povlakové hydroizolace a její mechanické zakotvení

Zmíněný způsob sanace lze obecně použít u jednoplášťových i dvouplášťových střech, a to v těch případech, kdy se pod stávající krytinou nebo pod tepelnou izolací nachází materiál, do kterého jsme schopni bezpečně uchytit kotvící prostředky. Materiály vhodné pro kotvení jsou:

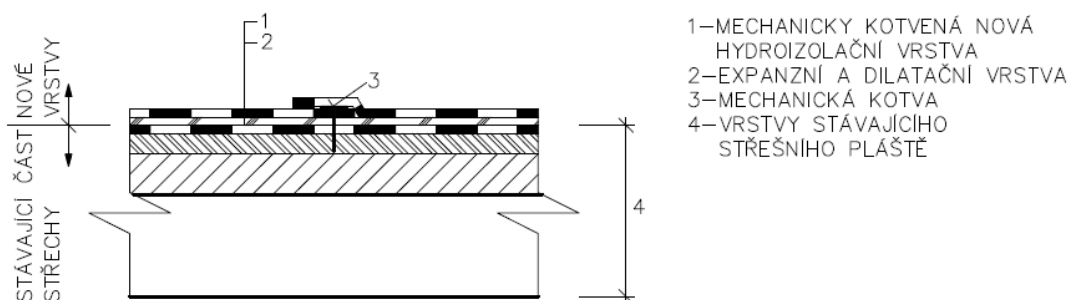
- dřevo,
- beton,
- ocel,
- lehký beton nebo silikát.

Abychom mohli použít kotevní systém, musíme provést tzv. výtažnou zkoušku určující, zda do daného materiálu lze kotvit a jakým způsobem. Některé materiály např. pórobeton, lehký

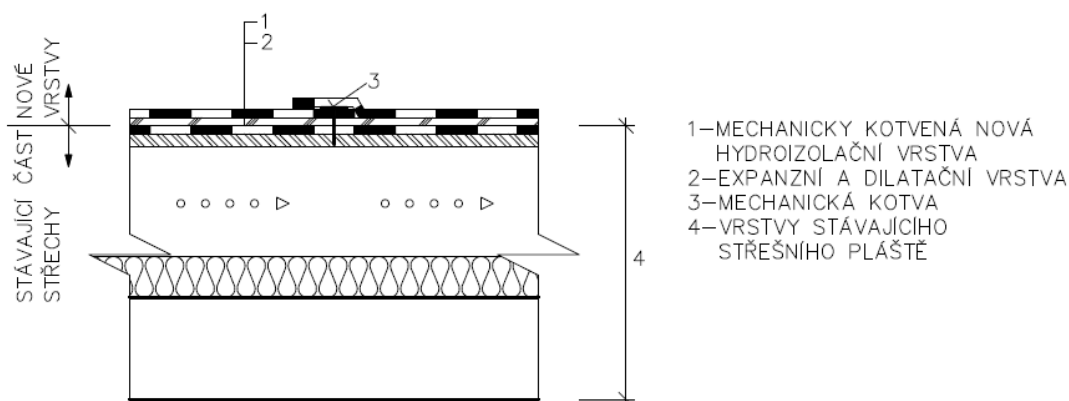
beton, dřevo jsou pro kotvení obecně vhodné, ale pokud jsou vystaveny vlivu zvýšené vlhkosti, mohou být do určité míry degradovány a kotvy neudrží.



Obr. 36 Schéma sanace volným položením nové hydroizolace a jejím mechanickým ukotvením do nosné konstrukce střechy



Obr. 37 Schéma sanace volným položením nové hydroizolace a jejím mechanickým ukotvením do podkladní vrstvy pod původní hydroizolací

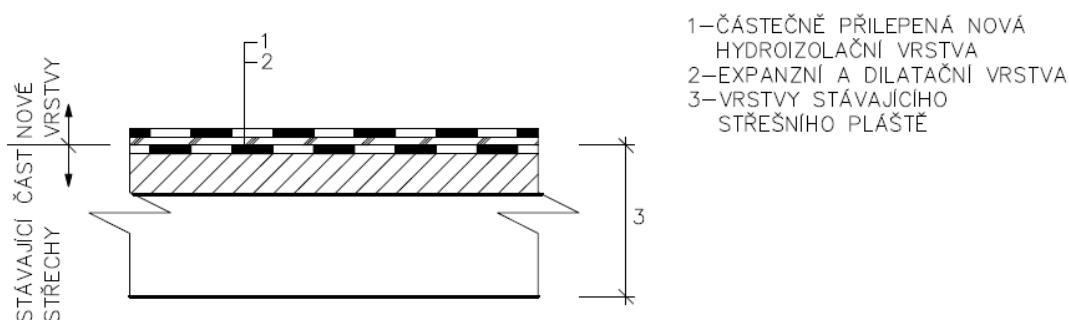


Obr. 38 Schéma sanace volným položením nové hydroizolace na horní plášť dvouplášťové střechy a jejím mechanickým ukotvením do nosné konstrukce horního pláště

c) Přilepení povlakové hydroizolace v bodech nebo v pruzích

Tento způsob sanace se používá u jednovrstevných i dvouvrstevných střech v případech, kdy není možné z nějakých důvodů přitížení stabilizační vrstvou nebo zakotvit novou povlakovou hydroizolaci pomocí mechanických kotev.

Pro tento způsob sanace se s výhodou používají tzv. expanzní asfaltové pásy. Tyto pásy mají speciálně upraven spodní povrch, který při aplikaci umožňuje přilepení v pruzích nebo bodech, které jsou tvořeny ze speciálních snadno tavitelných nebo samolepících typů asfaltů. Můžeme také použít asfaltové pásy, které mají spodní povrch opatřen hrubozrnným pískovým posypem nebo polyesterovým rounem a tyto přilepit v bodech pomocí asfaltového, polyuretanového či jiného lepidla. Lepení asfaltových pásů se standardně provádí pěti body o průměru 250 mm na 1 m² pásu. V okrajových oblastech se tento počet zvyšuje na dvojnásobek nebo se pásy lepí celoplošně.



Obr. 39 Schéma sanace přilepením nové hydroizolační vrstvy v bodech nebo pruzích

4.2.3 Výměna defektní hydroizolační vrstvy

Tento typ sanace provádíme u střech jednovrstevných i dvouvrstevných, a to v případech, kdy stávající povlaková hydroizolace je natolik poškozená, že nemůže zůstat pod novou hydroizolační vrstvou.

Problém nastává, pokud je povlaková krytina tvořená asfaltovými pásy odstraňována z tepelného izolantu, jako je polystyrén, desky z minerálních vláken, polyuretan nebo pěnasklo. Při této demontáži dochází k vytrhávání tepelné izolace společně s asfaltovými pásy v důsledku jejich vzájemného slepení. Proto v takových případech nelze tento typ sanace použít. Výjimku tvoří asfaltové pásy volně položené a zatížené stabilizační vrstvou.

U kotvených systémů zatím není zcela technologicky vyřešena demontáž kotev bez poškození tepelného izolantu.

Poměrně bez obtíží lze odstranit degradované asfaltové pásy z podkladů dřevěných, betonových, z lehkého betonu nebo silikátu. Podmínkou opět zůstává, aby vrstvy stávající střešní konstrukce nebyly nadměrně nasáklé vodou, případně aby po opětovném vyschnutí měly požadované mechanické a tepelnětechnické vlastnosti.

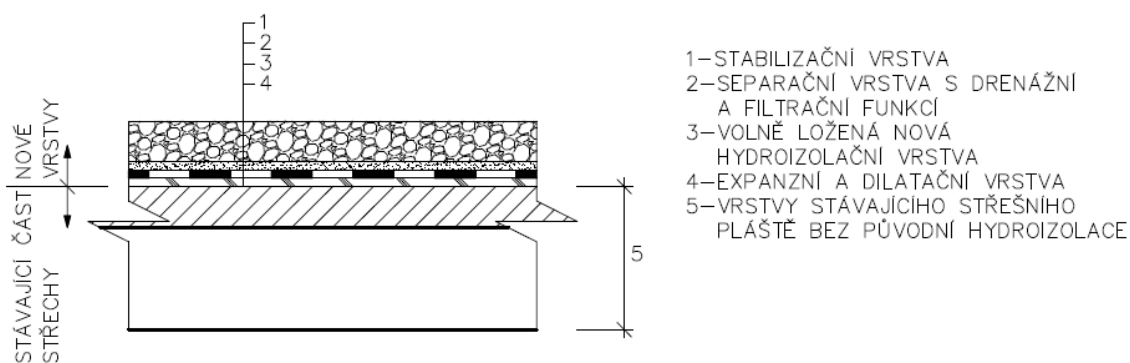
Realizace sanace

Tento typ sanace se provádí za účelem odstranit degradovanou povlakovou hydroizolaci, umožnit celkové nebo částečné proschnutí vrstev stávajícího střešního pláště a následně zajistit opětovnou hydroizolační funkci střechy aplikací nové povlakové hydroizolace. Stejně jako v předchozím typu sanace, i zde se musí umožnit únik vodních par do exteriéru, což se provádí vytvořením expanzní a dilatační vrstvy pod novou hydroizolační vrstvou.

Vytvoření expanzní a dilatační vrstvy se provádí obdobnými způsoby jako v předchozí kapitole. Obsah následujících bodů a, b, c je obdobný jako v kapitole 4.2.2, a proto jsem je poměrně zestručnil.

a) Volné položení povlakové krytiny a zatížení stabilizační nebo provozní vrstvou

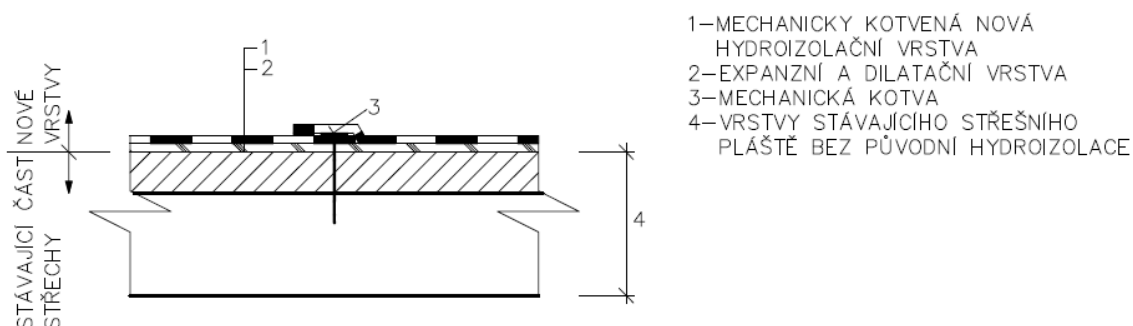
Při použití tohoto typu sanace, musíme z důvodu zvýšení stálého zatížení střechy, myslet především na únosnost stávající nosné střešní konstrukce. Mezi nevýhody opět patří omezení účinků vlivu slunce na vysušovací proces.



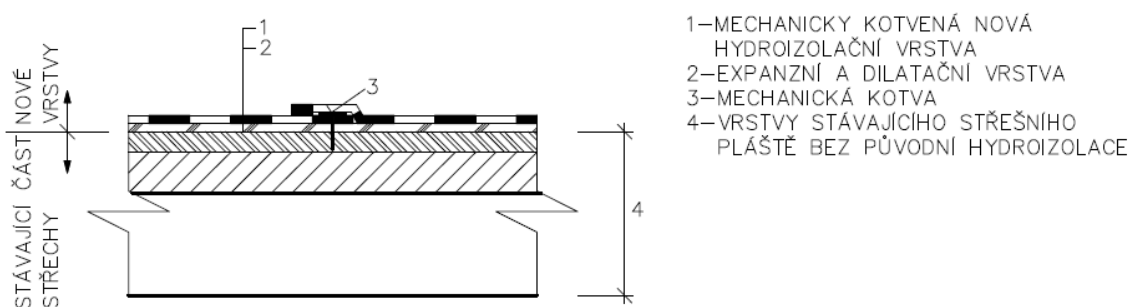
Obr. 40 Schéma sanace volným položením nové hydroizolace po odstranění hydroizolace stávající a přitížením stabilizační vrstvou

b) Volné položení povlakové krytiny a její mechanické zakotvení

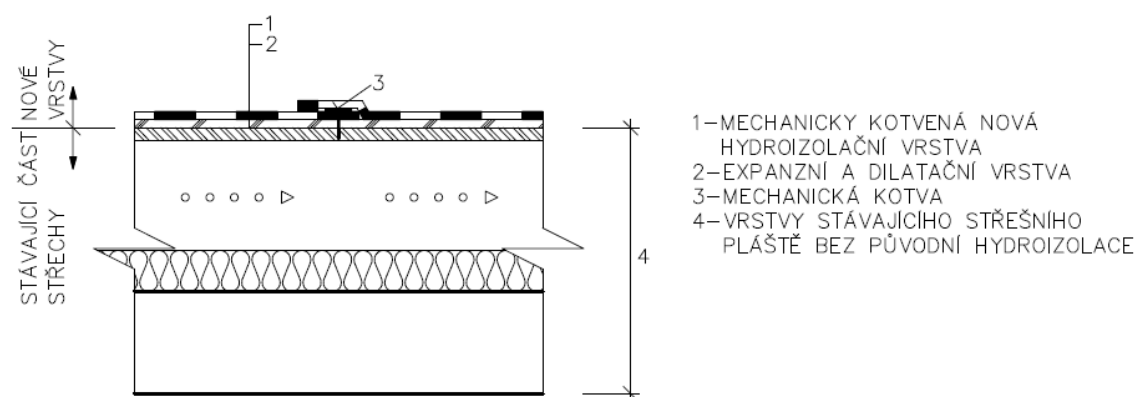
Provádíme u těch střešních konstrukcí, které obsahují materiál, do kterého lze bezpečně mechanicky kotvit (dřevo, beton, lehký beton, silikáty).



Obr. 41 Schéma sanace volným položením nové hydroizolace po odstranění hydroizolace stávající a jejím mechanickým ukotvením do nosné konstrukce střechy



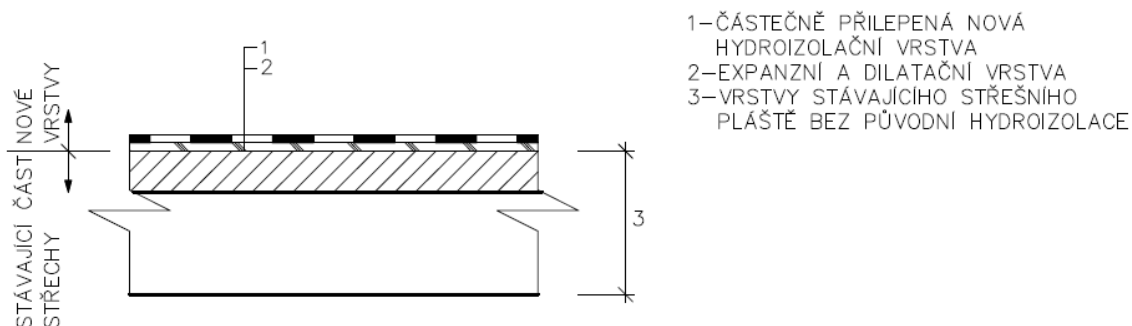
Obr. 42 Schéma sanace volným položením nové hydroizolace po odstranění hydroizolace stávající a jejím mechanickým ukotvením do podkladní vrstvy pod původní hydroizolací



Obr. 43 Schéma sanace volným položením nové hydroizolace po odstranění hydroizolace stávající na horní plášť dvouplášťové střechy a jejím mechanickým ukotvením do nosné konstrukce horního pláště

c) Přilepení povlakové krytiny v bodech nebo pruzích

Řešení a technologie provádění se opět shoduje s předchozí kapitolou. Jediný rozdíl je v odstranění stávající povlakové krytiny.



Obr. 44 Schéma sanace přilepením nové hydroizolační vrstvy po odstranění hydroizolace stávající v bodech nebo pruzích

4.2.4 Vytvoření dvouplášťové střechy ze střechy jednoplášťové

Základní a nejdůležitější podmínkou pro provedení tohoto typu sanace je statická únosnost stávající nosné střešní konstrukce. Abychom mohli druhý střešní plášť realizovat, musíme nejprve statickým posudkem ověřit, zda je schopna stávající nosná střešní konstrukce přitížení unést.

Realizace sanace

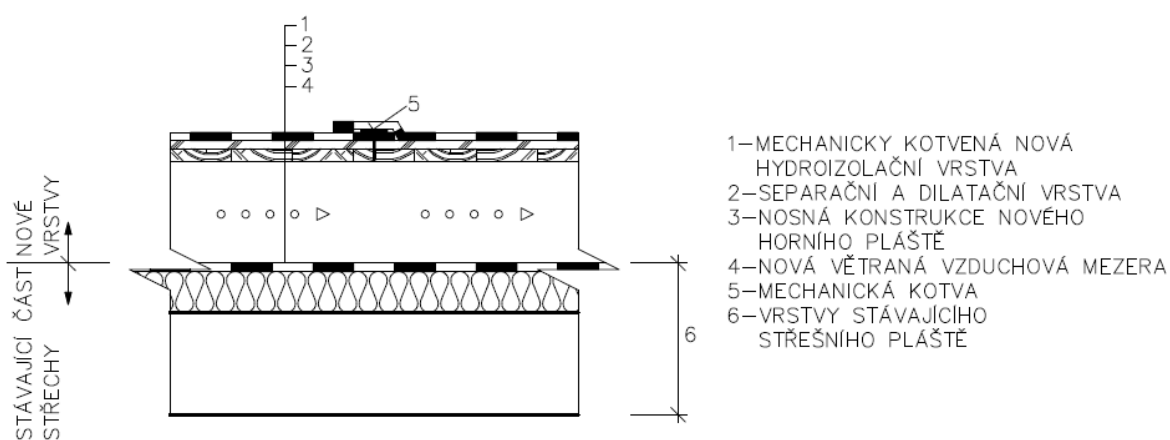
Provádění tohoto druhu sanace spočívá v tom, že na nefunkční jednoplášťovou střechu se provede druhý střešní plášť, který je dle svého sklonu pokryt buď povlakovou hydroizolací, nebo skládanou krytinou. Velmi důležitým požadavkem při realizaci dvouplášťové střechy je odvětrávaná vzduchová mezera a především její vlastní odvětrávání. Zde hrají hlavní roli přiváděcí a odváděcí otvory, jejich rozměry, počet a rozmístění.

Proměna jednoplášťové střechy na střechu dvouplášťovou se provádí dvěma způsoby.

a) Bez přiteplení

Sanace spočívá pouze ve vytvoření nového druhého střešního pláště a tím i odvětrávané vzduchové mezery bez jakéhokoli zásahu do skladby stávajícího střešního pláště. Důležité je provedení určitého počtu perforací stávající povlakové hydroizolace a to na ploše cca 1 %.

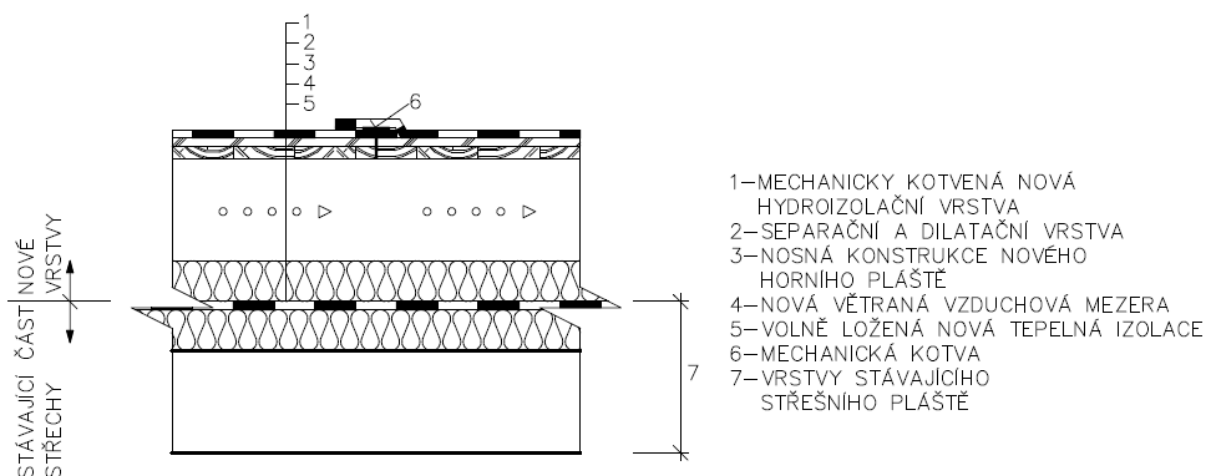
Tyto perforace slouží k prostupu vodních par do větrané vzduchové mezery, kde budou následně prouděním vzduchu odvedeny do exteriéru.



Obr. 45 Schéma sanace provedením dvouplášťové střechy ze střechy jednoplášťové bez přiteplení

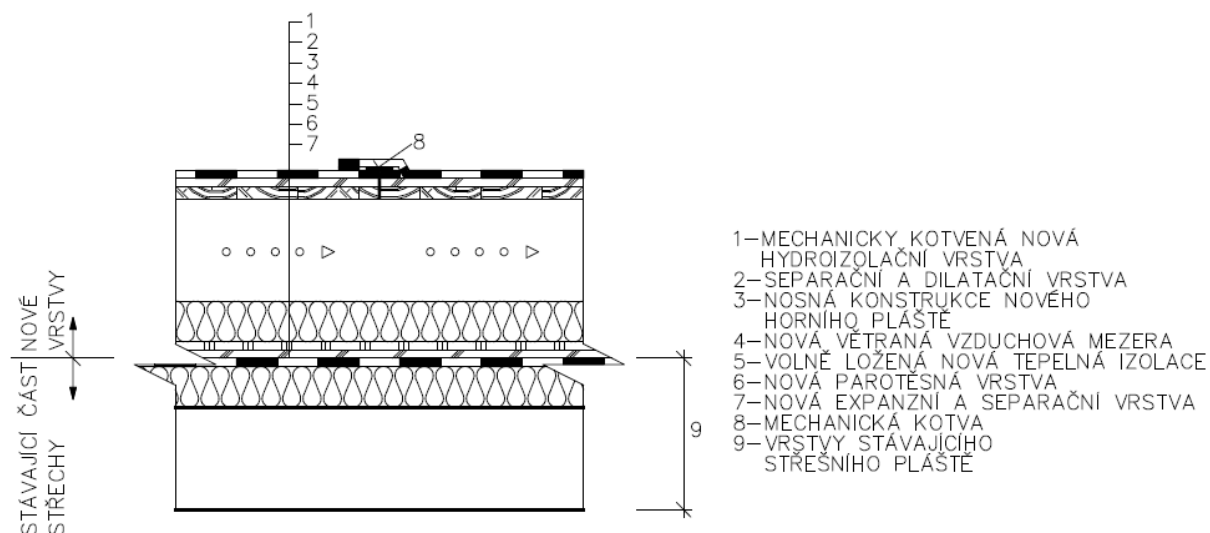
b) S přiteplením

Varianta s přiteplením se provádí několika způsoby. První varianta spočívá v ponechání stávajícího střešního pláště bez jakýchkoli úprav. Tepelná izolace se volně položí na stávající povlakovou hydroizolaci a poté se realizuje druhý střešní plášť. Při druhém způsobu se provede vyspravení výdutí na stávající povlakové hydroizolaci, dále se provede její perforace na 1 % plochy, následně se na ni položí difúzně velmi propustný tepelný izolant z minerální vlny a poté se opět realizuje druhý střešní plášť.



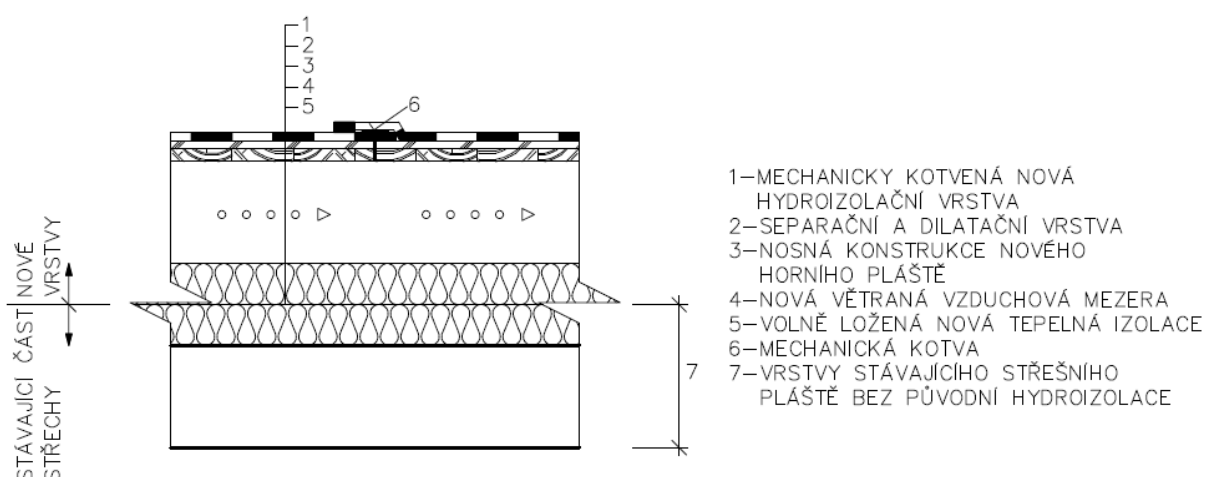
Obr. 46 Schéma sanace provedením dvouplášťové střechy ze střechy jednoplášťové s přiteplením bez zásahu do vrstev stávajícího střešního pláště

Při třetím způsobu se před realizací druhého střešního pláště provádí položení parozábrany na stávající povlakovou hydroizolaci, pod kterou se vytvoří expanzní vrstva pro únik vodních par. Následně se na tuto parozábranu uloží nová vrstva tepelné izolace.



Obr. 47 Schéma sanace provedením dvouplášťové střechy ze střechy jednoplášťové s přiteplením a s položením parotěsné a expanzní vrstvy na stávající hydroizolaci

Princip čtvrtého způsobu spočívá v odstranění stávající povlakové hydroizolace a v uložení nové tepelné izolace na takto obnažený střešní plášť. Opět následuje realizace horního střešního pláště.



Obr. 48 Schéma sanace provedením dvouplášťové střechy ze střechy jednoplášťové s přiteplením po odstranění stávající hydroizolace

5 Závěr

V mé bakalářské práci jsem si stanovil za cíl vytvořit souhrnné dílo obsahující dostupné metody kontrol hydroizolací plochých střech, jejich charakteristiku, rozsah použití a omezení v rámci jednotlivých metod.

Cíle bakalářské práce se mi podařilo na základě uvedené literatury dosáhnout a vytvořil jsem tak dokument zahrnující veškeré v České republice dostupné metody kontrol hydroizolací. Podrobněji jsem se zaměřil na dvě z celého výčtu metod, a to na zátopovou zkoušku a impedanční defektoskopii.

Zátopová zkouška je prozatím z hlediska kvantity nejvíce používanou metodou, což je zapříčiněno především její univerzálností a komplexností. Pro realizaci zátopové zkoušky nejsou potřeba žádné speciální přístroje nebo specificky proškolené osoby a v rámci jednoho procesu otestuje vodotěsnost celého hydroizolačního povlaku bez ohledu na typ povlakové krytiny a členitost střešní plochy. Podstatnou nevýhodou zátopové zkoušky je, že v případě výskytu poruchy hydroizolace dojde k poškození interiéru objektu a k zaplavení a degradaci jednotlivých vrstev střešního pláště poměrně velkým množstvím vody.

I z těchto důvodů se do budoucna jeví jako nejperspektivnější metoda nové impedanční defektoskopie, jejíž hlavní výhodou je nedestruktivnost. Také v tomto případě se musí provést určité smočení střešního pláště, ale v porovnání se zátopovou zkouškou je množství vody případně zatečené do vrstev střešního pláště skrze defekt v hydroizolaci minimální.

Všechny dostupné metody kontrol hydroizolací mají své opodstatnění, navzájem se doplňují, případně nahrazují a jsou důležitými součástkami jednoho komplexního odvětví. Tento obor je velice důležitý, neboť hydroizolační funkce je nejdůležitější funkcí střešního pláště, a bez existence těchto zkušebních metod by byla zmíněná funkce prakticky nedosažitelná.

Jako všechny stavební obory i kontroly hydroizolací se stále vyvíjejí. Proto předpokládám, že výčet metod obsažený v této bakalářské práci není konečný, ale s postupem času se objeví modernější a účelnější metody zajišťující vodotěsnost střešních plášťů šetrnějším a méně destruktivním způsobem.

6 Literatura

- [1] *A.P.O.-ELMOS* [online]. 2012 [cit. 2012-04-15].
<<http://www.apoelmos.cz/products/pro-oblast-elektro-a-strojirenstvi-91000/flir-t335-termovizni-kamera/>>.
- [2] *Anticor* [online]. 2012 [cit. 2012-04-15].
<<http://www.anticor.cz/katalog/pristroje/jiskrovy-defektoskop-pcwi-dc40.html>>.
- [3] *Automatizace* [online]. 2009 [cit. 2012-04-15].
<<http://www.automatizace.cz/article.php?a=2604>>.
- [4] *A-Z izol* [online]. 2012 [cit. 2012-04-15]. <<http://www.az-izol.cz/spodni-stavby/vakuova-zkouska-tesnosti-spoju-u-folii>>.
- [5] *Hydroizolace-vodotěsné izolace* [online]. 2012 [cit. 2012-04-01].
<<http://www.hydroizolace-minar.cz/products/leister/>>.
- [6] *Matakitest* [online]. 2012 [cit. 2012-04-15].
<<http://members.fortunecity.com/notab/matakitest.html>>.
- [7] MISAR, I. *Stavebnětechnický průzkum vad a poruch střešních pláštů a jejich příčinných souvislostí* [online]. 2011 [cit. 2012-03-01].
<<http://www.awal.cz/downloads/ACF980C.pdf>>.
- [8] MISAR, I. *Stavebně-technický průzkum vad a poruch střešních pláštů* [online]. 2011 [cit. 2012-03-01]. <<http://stavba.tzb-info.cz/strechy/7676-stavebne-technicky-pruzkum-vad-a-poruch-stresnich-plastu>>.
- [9] MISAR, I., ŠRUBAŘOVÁ, P. *Kontrola střešních pláštů novou metodou impedanční defektoskopie* [online]. 2011 [cit. 2012-03-01].
<<http://www.izolace.cz/index.asp?module=ActiveWeb&page=WebPage&DocumentID=3051###javascript>>.

- [10] MISAR, I., BÍNA, V. Zkušenosti po roce zavedení impedanční defektoskopie a měření vlhkosti v ČR. *13. ročník konference izolace 2012* [CD-ROM]. Praha: A.W.A.L., s.r.o.; České vysoké technické učení v Praze, Fakulta architektury, Ústav stavitelství I, 2012 [cit. 2012-03-01].
- [11] MRAKÍČ, R. *Systém kontrol a přijímání jednotlivých vrstev užitných střešních pláštů, část II.* [online]. 2007 [cit. 2012-03-01].
<<http://www.isolace.cz/index.asp?module=ActiveWeb&page=WebPage&DocumentID=2369>>.
- [12] NOHAVICA, S. *Coleman S.I.* [online]. 2008 [cit. 2012-04-15].
<<http://www.coleman.cz/poradna.php?id=93>>.
- [13] *Ocelové konstrukce-ALIAZ* [online]. 2012 [cit. 2012-04-15].
<<http://www.aliaz.eu/cz/menu/22/reference/vyrobni-haly-s-administrativni-budovou/clanek-189-vyrobne-skladovaci-areal-top-el-praha-orech/>>.
- [14] POCHMANOVÁ, P. *Impedanční defektoskopie povlakových izolací - nový nedestruktivní způsob vlhkostní kontroly střešních pláštů v ČR* [online]. 2011 [cit. 2012-03-01].
<<http://www.isolace.cz/index.asp?module=ActiveWeb&page=WebPage&DocumentID=2923>>.
- [15] ROTHBAUER, R., BÍNA, V. *Konkrétní zkušenosti s kontrolou folií pomocí podtlaku* [online]. 2007 [cit. 2012-04-10].
<<http://www.isolace.cz/index.asp?module=ActiveWeb&page=WebPage&DocumentID=2252###javascript>>.
- [16] *Sonnek elektrokorozie* [online]. 2012 [cit. 2012-04-15].
<<http://www.volny.cz/koroze/vyrobky-utest.php>>.
- [17] *Správa železniční dopravní cesty* [online]. 2012 [cit. 2012-04-15].
<<http://www.szdc.cz/modernizace-drahy/prehled-staveb/op-doprava/satov-znojmo/fotogalerie/vystavba/img-2090.html>>.

- [18] *Stavcom* [online]. 2012 [cit. 2012-04-15].
<<http://www.stavcom.cz/hydroizolace/fotogalerie.html>>.
- [19] ŠRUBAŘOVÁ, P. *Uplatnění kontroly metodou impedanční defektoskopie při přejímce střešního pláště na konkrétním příkladu* [online]. 2011 [cit. 2012-03-01].
<<http://www.strechy-fasady-izolace.cz/temata/hydroizolace/uplatneni-kontroly-metodou-impedancni-defektoskopie-pri-prejimce-stresniho-plaste-na%C2%A0konkretnim-prikladu>>.
- [20] *Testing* [online]. 2012 [cit. 2012-04-15]. <<http://www.testinglab.cz/tesnosti02.php>>.
- [21] *Tramex* [online]. 2012 [cit. 2012-04-15]. <<http://www.tramex.ie/Default.aspx>>.
- [22] *Weldplast* [online]. 2012 [cit. 2012-04-15]. <<http://www.weldplast.cz/>>.
- [23] *Wikipedie* [online]. 2012 [cit. 2012-04-24]. <<http://cs.wikipedia.org/wiki/Impedance>>.
- [24] ČSN 75 0905 Zkoušky vodotěsnosti vodárenských a kanalizačních nádrží. 2006.
- [25] ČSN EN 1593 Nedestruktivní zkoušení - Zkoušení těsnosti - Bublínková metoda. 2001.

Při vypracování bakalářské práce byly dále použity následující zdroje:

- [26] *Asfaltové pásy DEKTRADE: Návod k použití*. Praha: DEK a.s., 2010. 48 s.
- [27] *DEKPLAN střešní fólie: Montážní návod*. Praha: DEKTRADE, a.s., 2012. 64 s.
- [28] FAJKOŠ, A., NOVOTNÝ, M., STRAKA, B. *Střechy I.: Opravy a rekonstrukce*. 1. vyd. Praha: Grada Publishing, spol. s r. o., 2000. 144 s. ISBN 80-7169-825-3.
- [29] FAJKOŠ, A., NOVOTNÝ, M. *Střechy: Základní konstrukce*. 1. vyd. Praha: Grada Publishing, a.s., 2003. 164 s. ISBN 80-247-0681-4.

- [30] *Fólie ALKORPLAN 35 034 a hydroizolační systém DUALDEK: Montážní návod.* Praha: DEK a.s., 2012. 56 s.
- [31] HANZALOVÁ, L., ŠILAROVÁ, Š. a kol. *Ploché střechy: Navrhování a sanace.* Praha: Public History, 2001. 397 s. ISBN 80-86445-08-9.
- [32] CHALOUPKA, K., SVOBODA, Z. *Ploché střechy: Praktický průvodce.* 1. vyd. Praha: Grada Publishing, a.s., 2009. 268 s. ISBN 978-80-247-2916-9.
- [33] KOČÍ, B. a kol. *Technologie pozemních staveb I.: Technologie stavebních procesů.* 5. vyd. Brno: Akademické nakladatelství CERM, s.r.o., 1997. 319 s. ISBN 80-214-0354-3.
- [34] MOTYČKA, V. a kol. *Technologie staveb I: Technologie stavebních procesů. Část 2. Hrubá vrchní stavba.* 1. vyd. Brno: Akademické nakladatelství CERM, s.r.o., 2005. 132 s. ISBN 80-214-2873-2.
- [35] NOVOTNÝ, M., MISAR, I. *Ploché střechy.* 1. vyd. Praha: Grada Publishing, a.s., 2003. 180 s. ISBN 80-7169-530-0.
- [36] *Odborná směrnice č. 2011001 pro provádění impedanční defektoskopie povlakových izolací.* Praha: A.W.A.L. s.r.o., 2011. 15 s.
- [37] SOLAŘ, J. *Pozemní stavitelství IV.: Část 1: Střechy-všeobecně, ploché střechy.* 1. vyd. Ostrava: VŠB-Technická univerzita Ostrava, 2005. 143 s. ISBN 80-248-0858-7.
- [38] *TZB-info* [online]. 2010 [cit. 2012-03-01]. <<http://stavba.tzb-info.cz/izolace-proti-vode-a-radonu/6610-zkousky-tesnosti-stresnich-izolaci-na-bazi-pvc-a-tpo>>.
- [39] VERNER, J. *Možnost kontroly stavu hydroizolace ve skladbě střechy* [online]. 2010 [cit. 2012-03-01]. <<http://tvstav.cz/clanek/238-moznost-kontroly-stavu-hydroizolace-ve-skladbe-strechy>>.